

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
(ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»)**

---

**Институт информационных  
систем и технологий**

**Кафедра информационных систем**

**Основная образовательная программа по УГСН 09.03.02  
«Информационные системы и технологии» (академический бакалавриат)**

**Электронная презентация по дисциплине Б1.Б.18  
«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЙ»**

**Лектор:**

**Поляков Сергей Дмитриевич**

**– доцент кафедры информационных систем, к.т.н., доцент**

# Лекция 12. Основы цифрового производства

---

## Структура лекции

- ✓ Индустрия 4.0 – четвёртая промышленная революция
  - ✓ Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»
  - ✓ Технологии индустрии 4.0
  - ✓ Ускорение диффузии технологий
  - ✓ Ключевые системы и компоненты цифрового производственного предприятия
  - ✓ Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования
  - ✓ Комплексная оценка цифрового развития предприятия
-

# Индустрия 4.0 – четвёртая промышленная революция

---

## Индустрия 4.0

### Четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) –

- ✓ Основа концепции четвертой промышленной революции (Клаус Шваб):
- ✓ киберфизические системы (Cyber-Physical System, CPS), состоящие из:
  - различных природных объектов;
  - искусственных подсистем;
  - управляющих контроллеров;
  - тесно связанных и координируемых между собой вычислительных и физических ресурсов;
- ✓ автоматизированные производственные процессы;
- ✓ устройства наделенные искусственным интеллектом;
- ✓ другие современные технологии;
- ✓ персонализированный рынок.

# Индустрия 4.0 – четвёртая промышленная революция

---

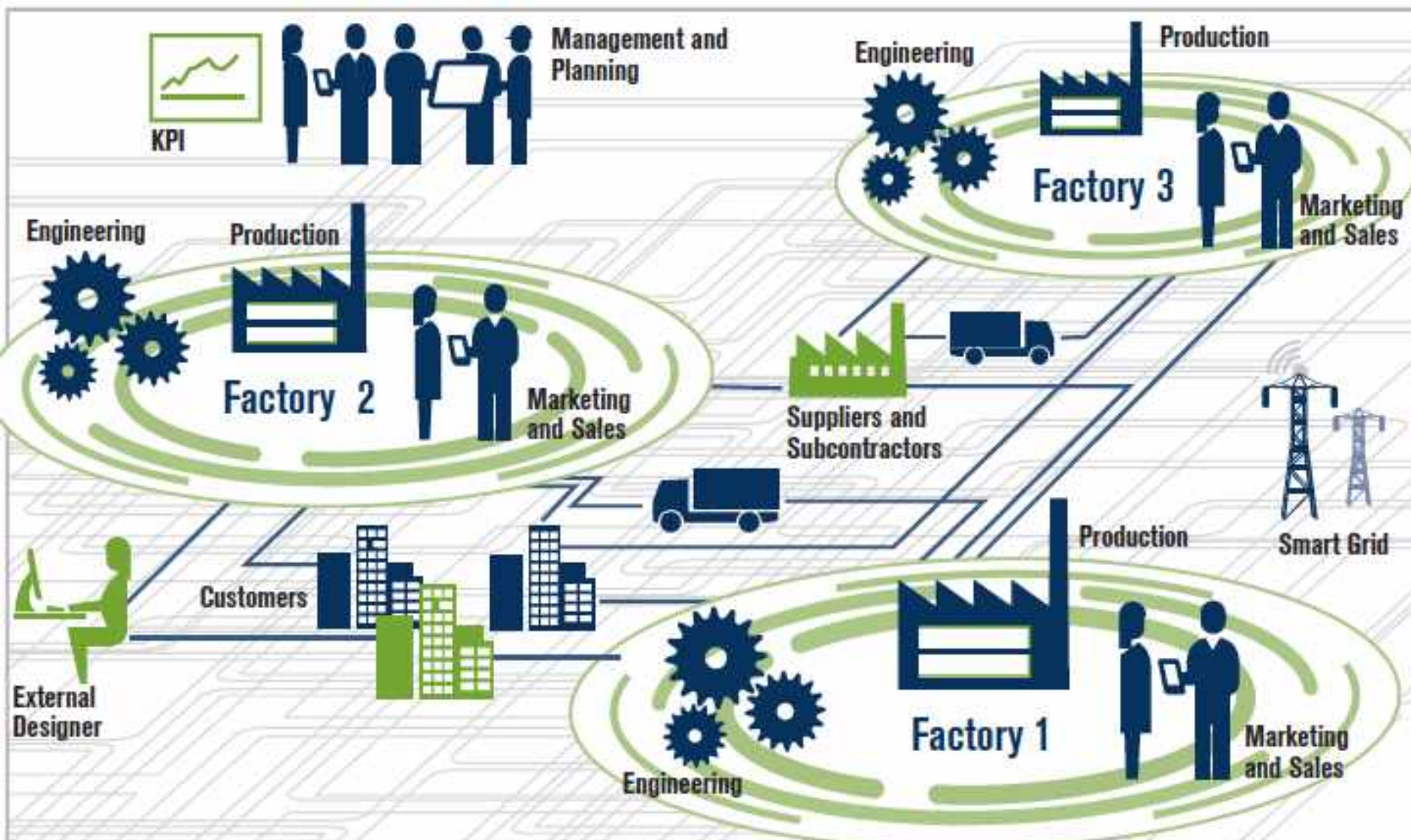
## Индустрия 4.0

### Три типа интеграции инфраструктуры Industrie 4.0:

- ✓ Горизонтальная интеграция структурной модели бизнеса (value networks).
- ✓ Сквозная цифровая интеграция производственных процессов (digital integration of engineering) по всей структурной модели бизнеса.
- ✓ Вертикальная интеграция внутренней производственной цепочки предприятия (networked manufacturing).

# Индустрия 4.0 – четвёртая промышленная революция

## Пример горизонтальной интеграции структурной модели бизнеса



# Индустрия 4.0 – четвёртая промышленная революция

---

## История промышленных революций

**Первая промышленная революция** (период XVIII—XIX века)

**Вторая промышленная революция** (период со второй половины XIX по начало XX века)

**Третья промышленная революция** (с конца XX века (с 1970 г.))

**Четвертая промышленная революция** (с 2011 года)

---

# Индустрия 4.0 – четвёртая промышленная революция

---

## Принципы Индустрии 4.0

1. Совместимость
2. Прозрачность
3. Техническая поддержка
4. Децентрализация управленческих решений

Важнейшие составляющие Индустрии 4.0 является – данные

---

# Индустрия 4.0 – четвёртая промышленная революция

---

## Основные технологии Индустрии 4.0

- ✓ Аддитивные технологии, 3d-печать
- ✓ Моделирование и визуализация
- ✓ Интеграция систем
- ✓ Интернет вещей
- ✓ Кибербезопасность
- ✓ Облачные сервисы
- ✓ Дополненная реальность
- ✓ Виртуальная реальность (виртуальные фабрики, цифровые двойники и др.)
- ✓ Автономные роботы, роботизация
- ✓ Планирование и анализ онлайн
- ✓ Искусственный интеллект
- ✓ Энергоэффективные технологии
- ✓ Альтернативная энергетика
- ✓ Большие данные и аналитика
- ✓ Дистанционное обслуживание



# Индустрия 4.0 – четвёртая промышленная революция

---

## Примеры Индустрии 4.0

- ✓ Очки дополненной реальности
- ✓ Модуль моделирования и визуализации
- ✓ Программное обеспечение, позволяющее соединить станки в одну сеть
- ✓ Самовосстанавливающееся оборудование
- ✓ Автоматический заказ компонентов
- ✓ «Общение» станочного оборудования с заготовкой и другими объектами
- ✓ Цифровая копия продукта
- ✓ Единое цифровое пространство промышленности
- ✓ Удаленная настройка оборудования для производства умной продукции.
- ✓ Мониторинг всех производственных, технологических и других процессов.
- ✓ Внутрицеховое перемещение деталей без участия человека и др.

# Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»

---

## Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р

### Три уровня цифровой экономики:

- ✓ рынки и отрасли экономики (сферы деятельности);
- ✓ платформы и технологии;
- ✓ среда, охватывающая нормативное регулирование, информационную инфраструктуру, кадры и информационную безопасность.

### Основные сквозные цифровые технологии:

- ✓ большие данные;
- ✓ нейротехнологии и искусственный интеллект;
- ✓ системы распределенного реестра;
- ✓ квантовые технологии;
- ✓ новые производственные технологии;
- ✓ промышленный интернет;
- ✓ компоненты робототехники и сенсорики;
- ✓ технологии беспроводной связи;
- ✓ технологии виртуальной и дополненной реальностей.

# Ускорение диффузии технологий

---

## Некоторые технологии индустрии 4.0

### Большие данные (Big Data)

Большие данные предназначены для обработки:

- ✓ более значительных объемов информации
- ✓ более быстро получаемых и меняющихся сведений
- ✓ неструктурированных данных

### Промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things – IIoT)

Принцип технологии IIoT:

- ✓ установка датчиков, исполнительных механизмов, контроллеров и человеко-машинных интерфейсов на ключевые части оборудования;
- ✓ сбор информации и данных о состоянии предприятия;
- ✓ обработка данных для принятия обоснованных решений.

### Технология виртуальной реальности

### Цифровой двойник (Digital Twin)

### Дополненная реальность (Augmented Reality (AR))

# Ускорение диффузии технологий

---

Использование дополненной реальности на сборочных участках современного машиностроительного производства



**AGCO**

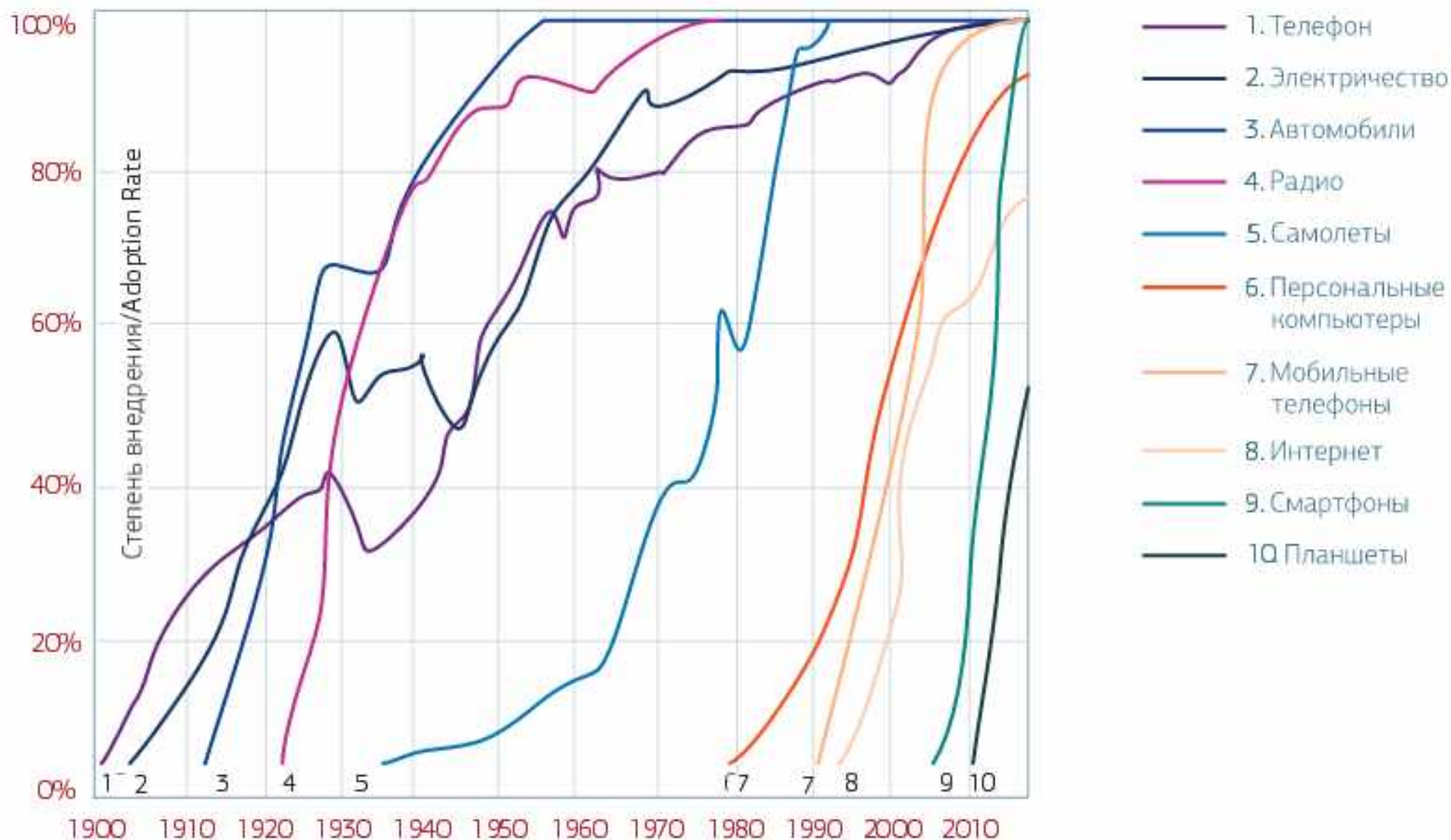
**General Electric**

**Boeing**

**Flex**

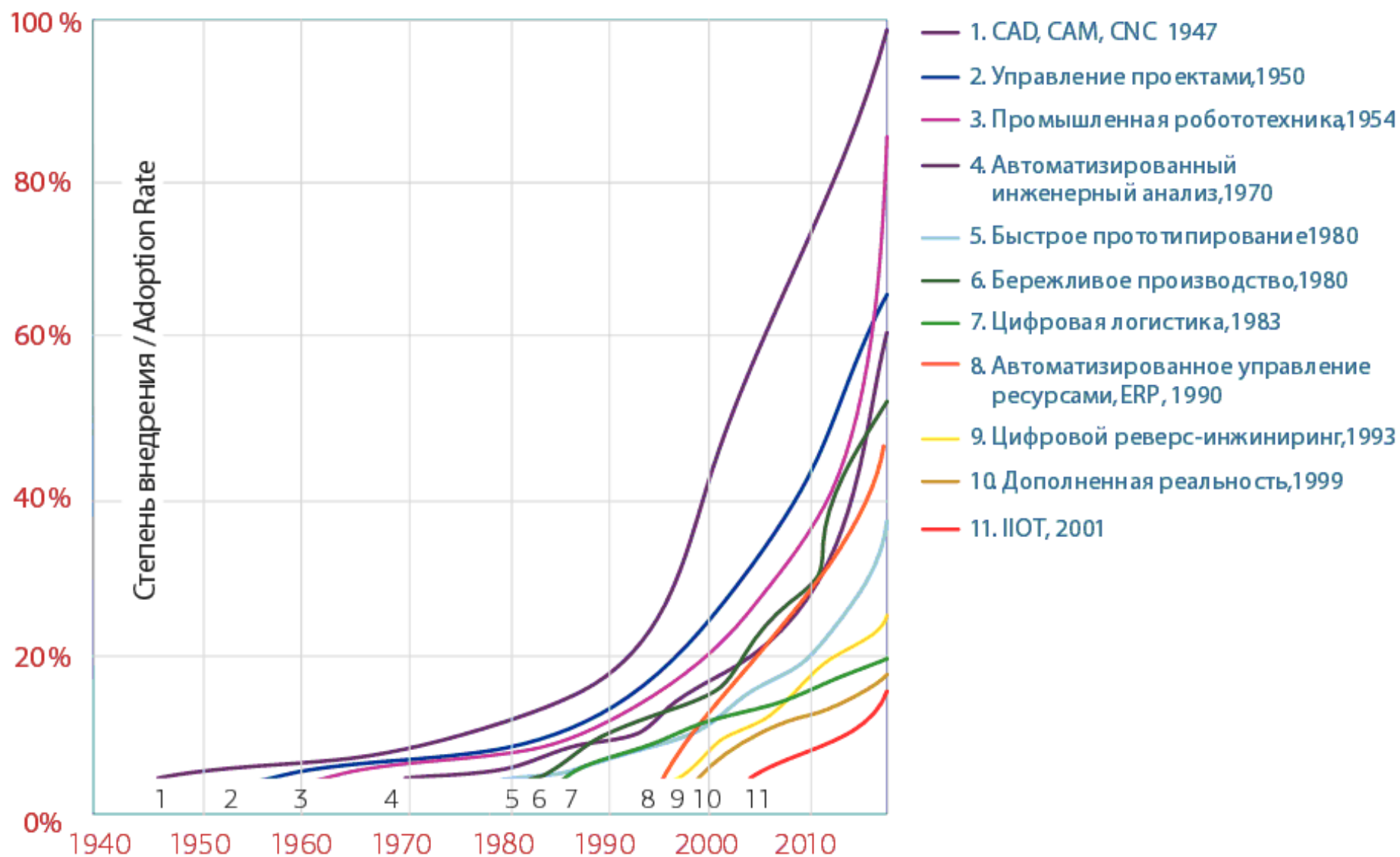
# Ускорение диффузии технологий

## Диффузия потребительских технологий за 110 лет



# Ускорение диффузии технологий

## Диффузия производственных технологий за 70 лет





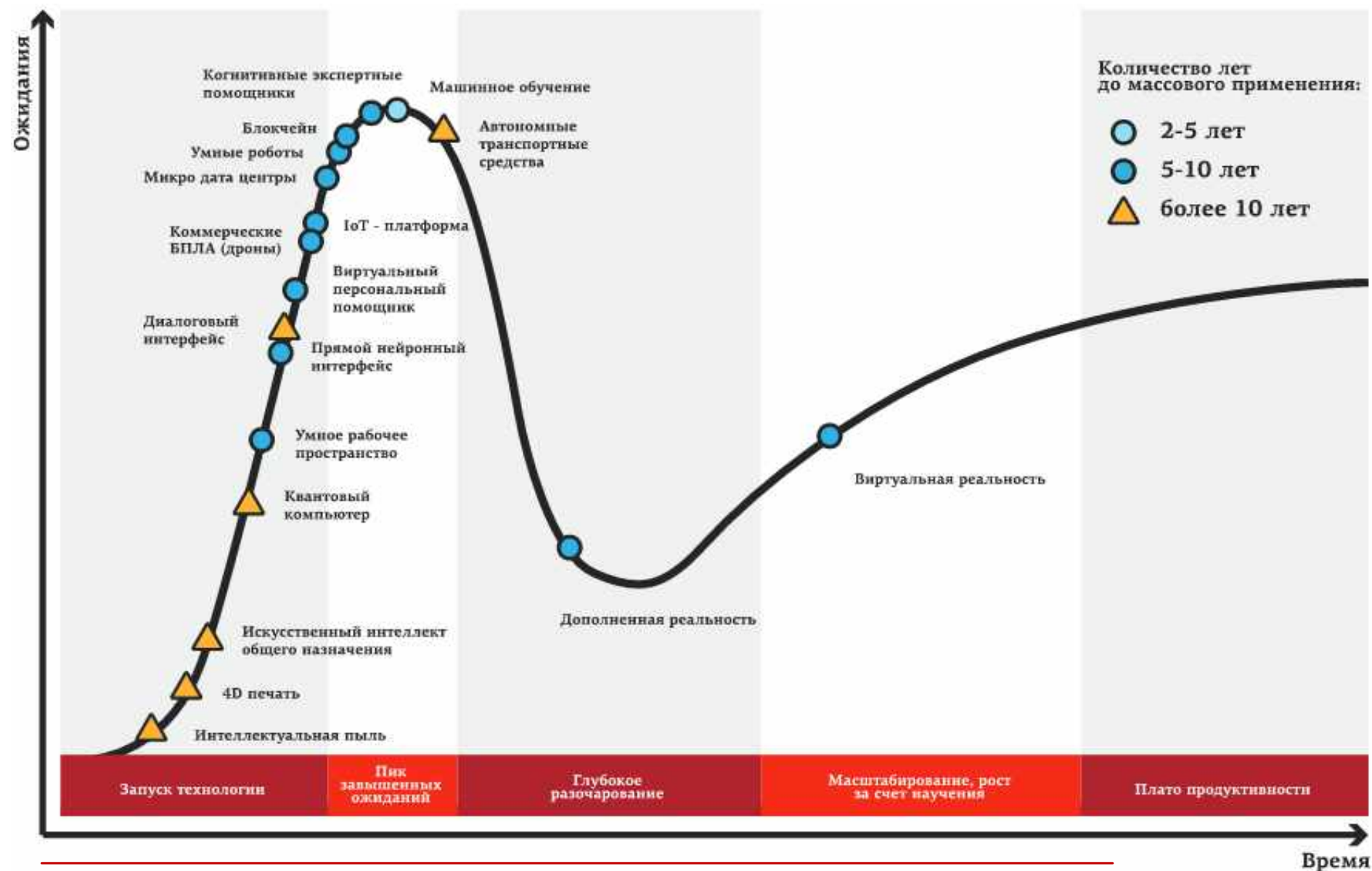
# Ускорение диффузии технологий

## Резкое падение стоимости ключевых технологий

						
БПЛА, Себестоимость единицы:	Средняя себестоимость 3D печати аналогичных характеристик:	Промышленные роботы:	Себестоимость секвенирования ДНК:	Стоимость кВт-ч солнечной энергии:	Сенсоры (3D лидар)	Себестоимость смартфона аналогичных характеристик:
2007: \$ 100k 2013: \$ 700	2007: \$ 40k 2013: \$ 100	2007: \$ 100k 2013: \$ 700	2007: \$ 40k 2013: \$ 100	1984: \$ 30 2014: \$ 0.16	2009: \$ 30k 2014: \$ 80	1984: \$ 499 2014: \$ 10

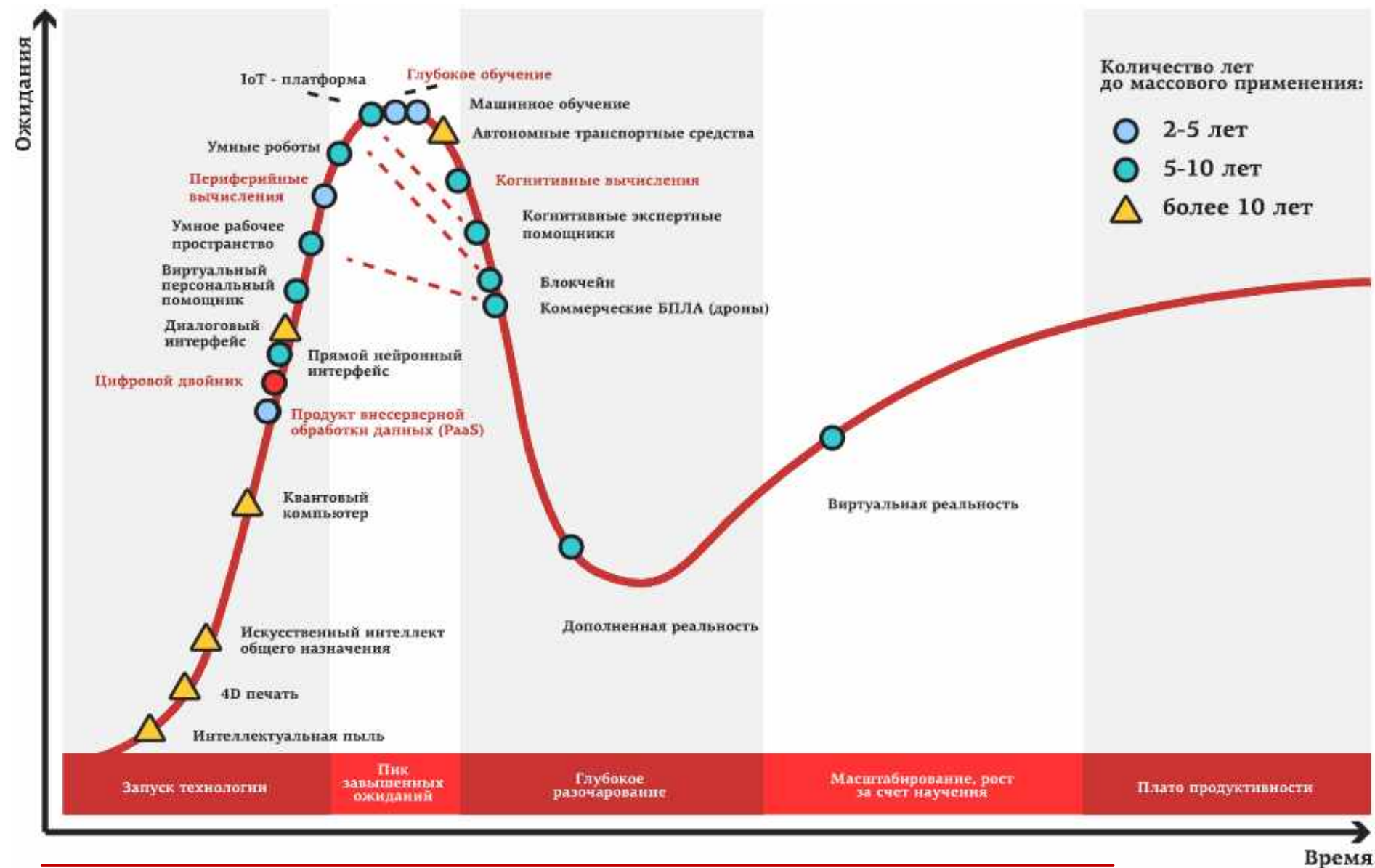
World Economic Forum White Paper Digital Transformation of industries: Digital Enterprise, January 2016 Перевод: Fabinka.ru

# Отдельные производственные технологии на цикле зрелости технологии Гартнера 2016 года





# Отдельные производственные технологии на цикле зрелости технологии Гартнера 2017 года



# Ключевые компоненты и системы цифрового предприятия

---

## Система методов работы с иностранными партнёрами по цифровому производству

1. **Использование подходов к созданию и развитию команд управления проектами** для их эффективной совместной работы в различных географических локациях и странах
2. **Создание и внедрение методики согласования технических характеристик оборудования**, поставляемого для российских предприятий
3. **Управление сроками производственного жизненного цикла** машиностроительного предприятия
4. **Контроль качества поставляемой продукции** на заводах-производителях
5. **Обеспечение интеграции** иностранного и российского **оборудования**
6. **Формирование логистических маршрутов** в условиях жёстких климатических условий и удалённости мест доставки
7. **Обеспечение шеф-монтажных и пуско-наладочных работ** в жёстких условиях
8. **Обеспечение сервисной поддержки** и исполнения увеличенных сроков гарантийных обязательств.

# Комплексная модель оценки цифрового предприятия

## 15 ключевых управленческих систем цифрового предприятия

### ✓ Единое информационное пространство предприятия

- Единая система управления информацией предприятия, единое информационное пространство, EIM
- Цифровое моделирование бизнес-процессов и технологических процессов компании
- Конвергенция цифрового и физического в разрабатываемом продукте
- Корпоративная инновационная система
- Интеграция в хозяйственную деятельность нематериальных активов (НМА) и результатов интеллектуальной деятельности (РИД)

### ✓ Производство

- Цифровой реверс-инжиниринг
- Аддитивное производство и быстрое прототипирование
- Энергоэффективность и экологичность
- Автоматизированные рабочие места в цехах, сбор данных от средств производства (Machine Data Collection, MDC) и дополненная реальность (Computer Aided Workshops, CAW).
- Производственная система с технологиями бережливого производства

### ✓ Управление и материально-техническое снабжение

- Цифровое управление логистикой
- Трансфер технологий
- Кросс-отраслевая кооперация
- Учебные производственные центры и партнерство с образовательными платформами
- Профессиональное управление проектами

# Парадигма цифрового проектирования и моделирования

---

## Комплексные решения best-in-class технологий

**Цифровые, «Умные», Виртуальные «Фабрики Будущего» (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future) —** имеют принципиальную схему в виде триады:

- ✓ цифровое проектирование и моделирование;
- ✓ новые материалы;
- ✓ аддитивные технологии», в которой драйвером выступает новая парадигма цифрового проектирования и моделирования — Smart Digital Twin – [(Simulation & Optimization)-Based Smart Big Data]-Driven Advanced (Design and Manufacturing), направленная на **смещение «центра тяжести» на этап проектирования**

**Компьютерные технологии мирового уровня (CAD-CAE-CFD-FSI-MBD-EMA-CAO-HPC-...)) и применение Метода конечных элементов (Finite Element Method, FEM)**

**«Умные» модели, позволяющие повысить адекватность и математических моделей, и получаемых численных результатов**

# Комплексные решения best-in-class технологий

I. Фабрика Будущего – это определенный тип системы бизнес-процессов (способ комбинирования бизнес-процессов), имеющий следующие характеристики:



## Трехуровневая схема Фабрик Будущего

представленная 14 февраля 2017 года в ходе одобрения дорожной карты «Технет» НТИ на заседании президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России под руководством Председателя Правительства РФ Д.А. Медведева



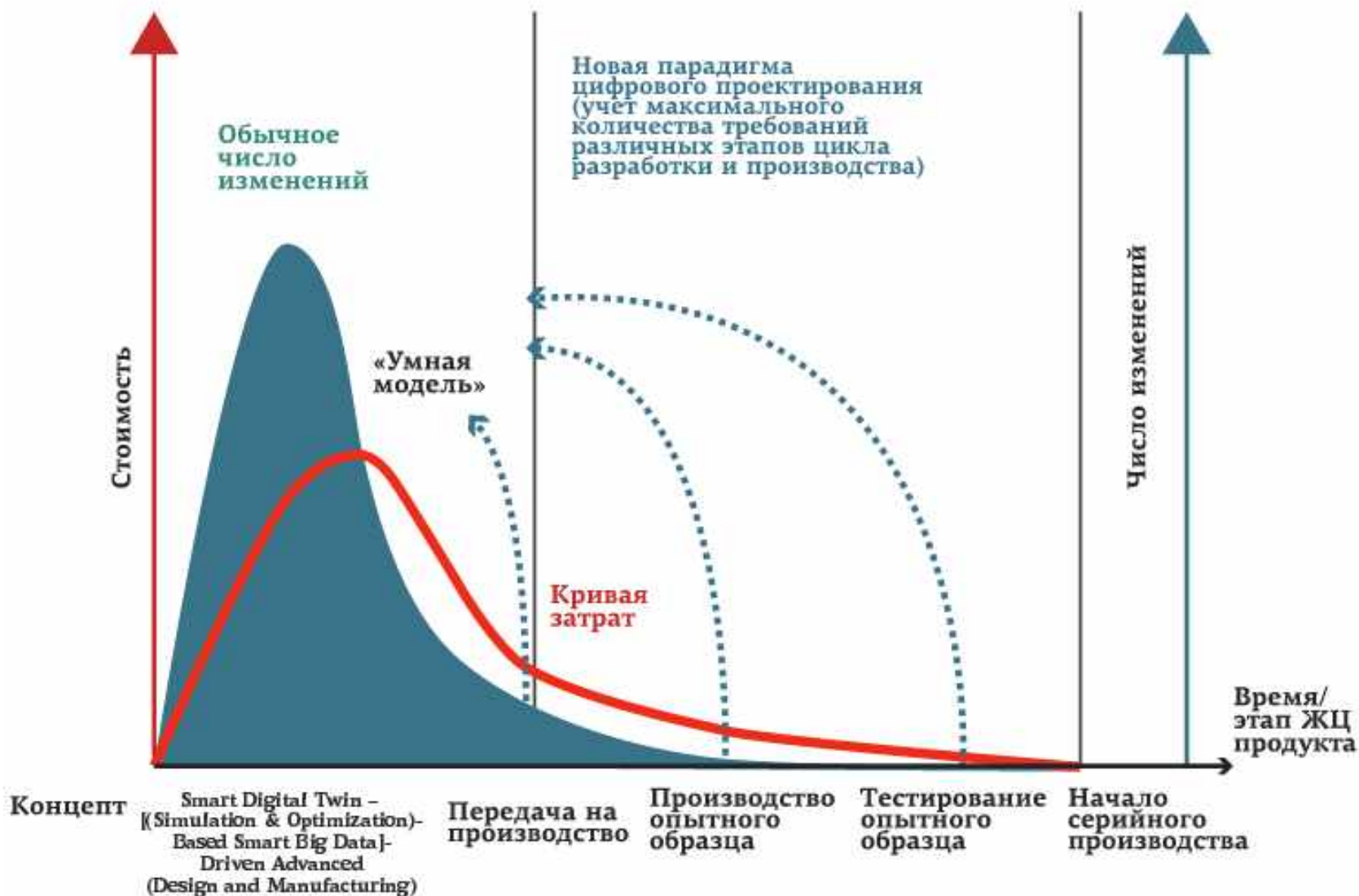
# Парадигма цифрового проектирования и моделирования



# Парадигма цифрового проектирования и моделирования

## Передовое производство

## Стоимость изменений в передовом производстве



# Парадигма цифрового проектирования и моделирования

---

## «Умные» модели - основа новой парадигмы цифрового проектирования

### В «Умных» моделях:

- ✓ Используются сложные мультидисциплинарные математические модели с высоким уровнем адекватности реальным материалам, конструкциям и физико-механическим процессам (включая технологические и производственные)
- ✓ Материалы, конструкции и физико-механические процессы описываются уравнениями математической физики, в первую очередь, 3D нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных

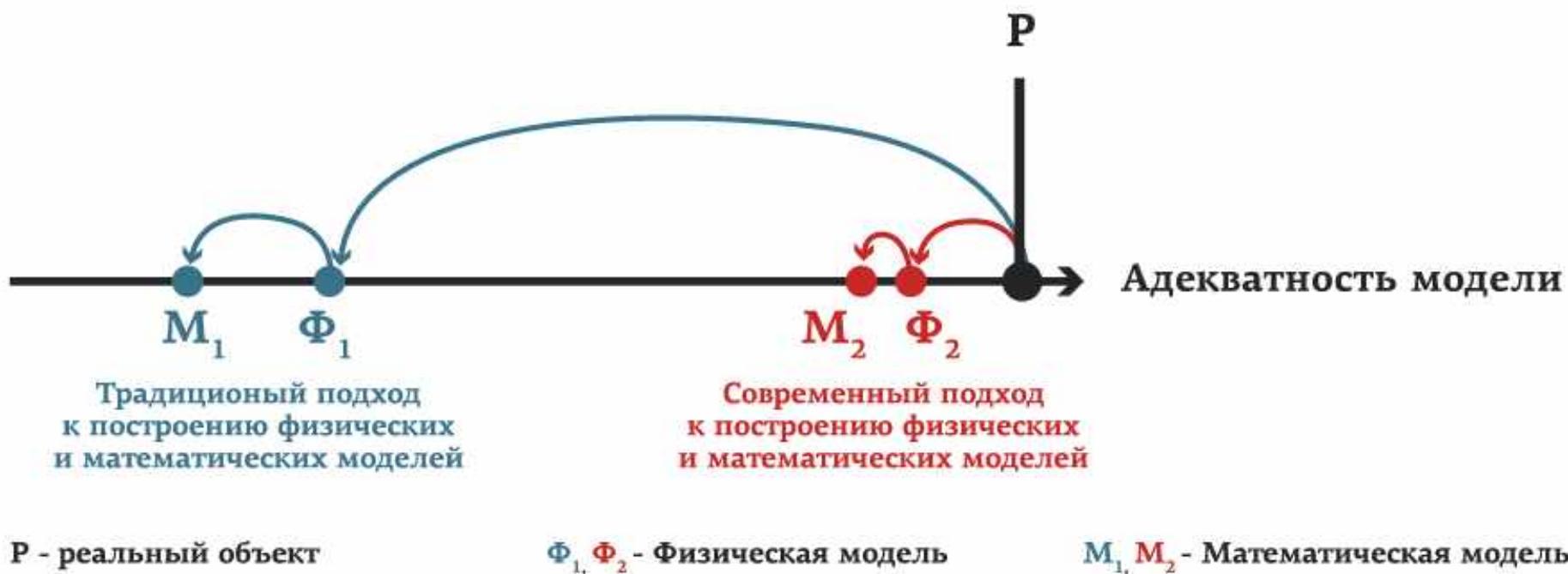
### «Умные» модели, агрегируют в себе знания при создании продукта:

- ✓ фундаментальные науки и законы;
- ✓ геометрические (CAD) и вычислительные конечно-элементные (CAE) полномасштабные модели;
- ✓ полные данные о материалах;
- ✓ информацию об эксплуатационных режимах;
- ✓ данные о технологиях производства и др.



# Парадигма цифрового проектирования и моделирования

## Сравнительный анализ традиционного и современного подходов к построению физических и математических моделей



# Комплексная оценка цифрового развития предприятия

---

## Системы оценки развития ключевых бизнес-направлений предприятия

- 1. Методология оценки зрелости компании в управлении проектами американского института управления проектами (Project Management Institute, PMI). OPM3, Organizational Project Management Maturity Model — модель зрелости организационного управления проектами.**
- 2. Методологии оценки зрелости компании в использовании технологий информационного моделирования зданий (Building Information Modelling, BIM), BIM framework команды международных исследователей и Bew-Richards BIM Maturity Model (Великобритания).**
- 3. Методология оценки зрелости компании в использовании технологий бережливого производства (lean). Global Benchmarking (GBM) – глобальный сравнительный анализ, применяемый компанией Toyota Engineering Corporation для оценки степени внедрения технологий бережливого производства**

## Комплексная модель оценки степени развития цифровой производственной компании ( Organizational Digital Manufacturing Maturity Model – ODM3)

### Основные задачи:

1. Оценка компании через сопоставительный анализ с наиболее развитыми предприятиями посредством использования системы оценки лучших практик цифрового производства отраслевых лидеров.
2. Визуализация стадии развития компании во внедрении ключевых компонентов и систем цифрового производства для планирования и реализации производственной программы, а также достижения стратегических целей компании.
3. Определение направления развития компании для поддержки в достижении лучших бизнес-результатов, включая развитие специалистов компании.
4. Моделирование экономического эффекта в результате внедрения ключевых производственных технологий.
5. При управлении национальной экономикой – определение состояния отраслей, установка целей развития и координация их достижений для отраслевых флагманов.

## Комплексная модель оценки степени развития цифровой производственной компании

### Уровни развития производительности компании:

1. Ad Hoc, случайный
2. Defined, базовый
3. Managed, управляемый
4. Integrated, интегрируемый
5. Optimized, оптимизируемый

# Комплексная модель оценки цифрового предприятия

---

## 15 ключевых управленческих систем цифрового предприятия

### Раздел 1. Проектирование и технологическая подготовка производства

- Сегмент 1. Единое информационное пространство
- Сегмент 2. Цифровое моделирование и оптимизация процессов и продуктов, включая FEA/CFD/CAE
- Сегмент 3. Конвергенция цифрового и физического в продуктах и информационная модель выпускаемого продукта - цифровой двойник
- Сегмент 4. Корпоративная инновационная система и акселератор
- Сегмент 5. Интеллектуальная собственность предприятия

### Раздел 2. Производство

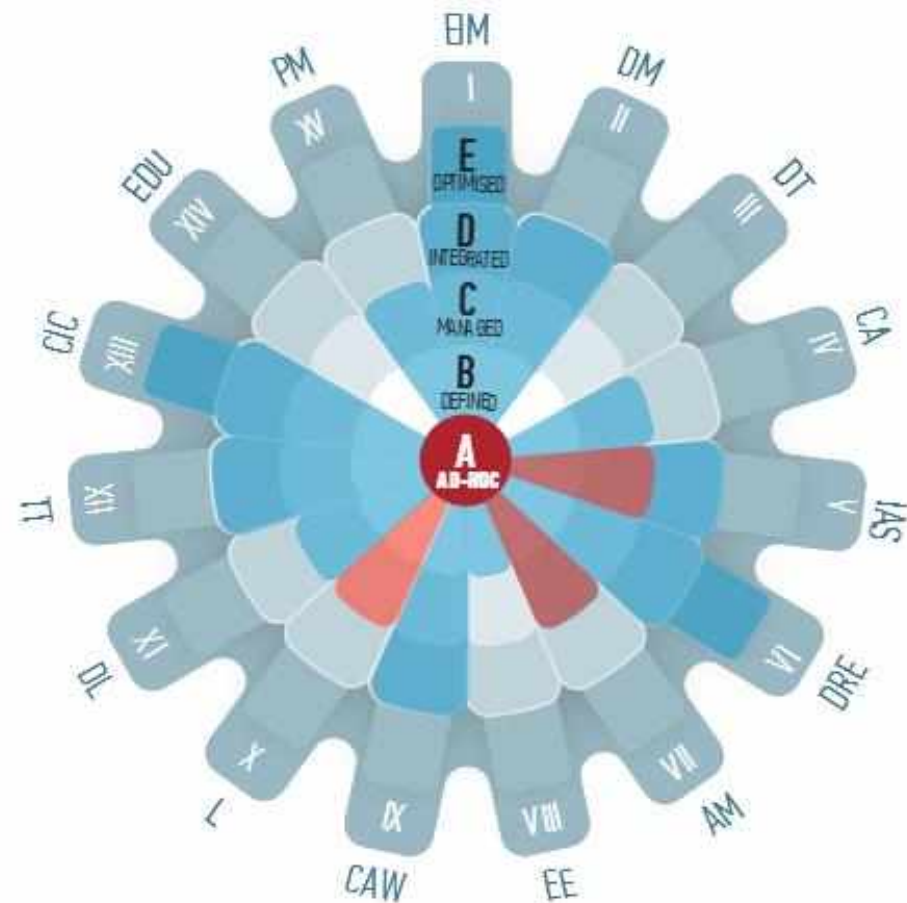
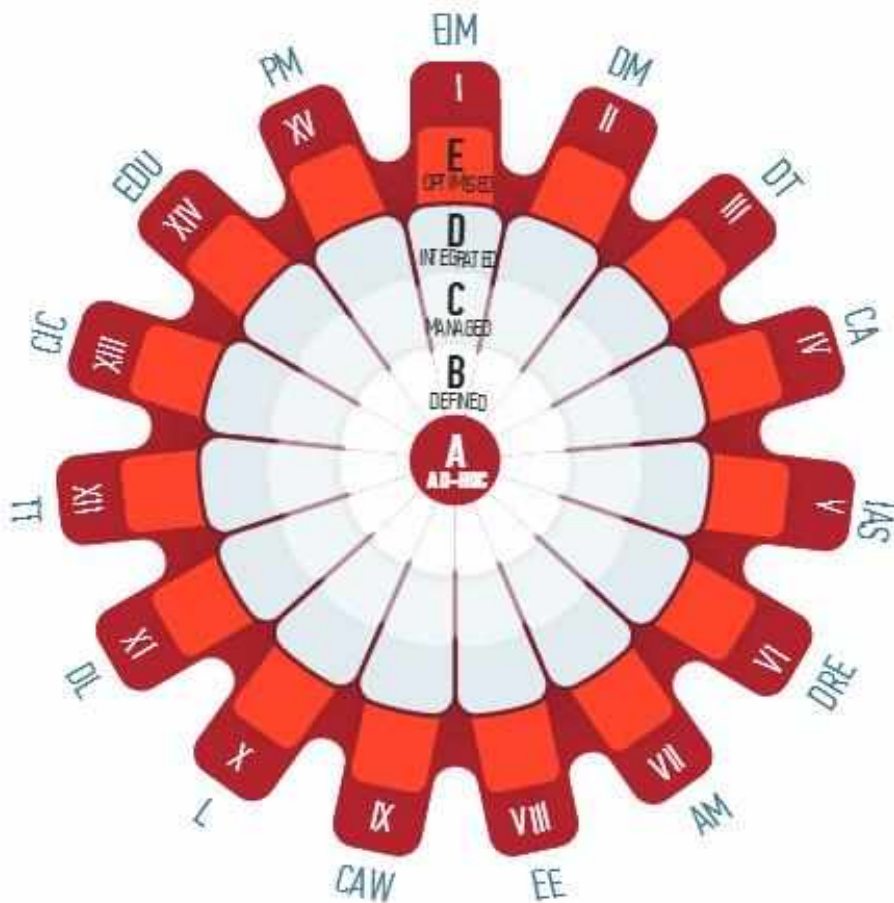
- Сегмент 6. Цифровой реверс-инжиниринг
- Сегмент 7. Аддитивное производство и быстрое прототипирование
- Сегмент 8. Энергоэффективность
- Сегмент 9. Автоматизированные рабочие места в цехах
- Сегмент 10. Производственные системы

### Раздел 3. Управление и материально-техническое снабжение

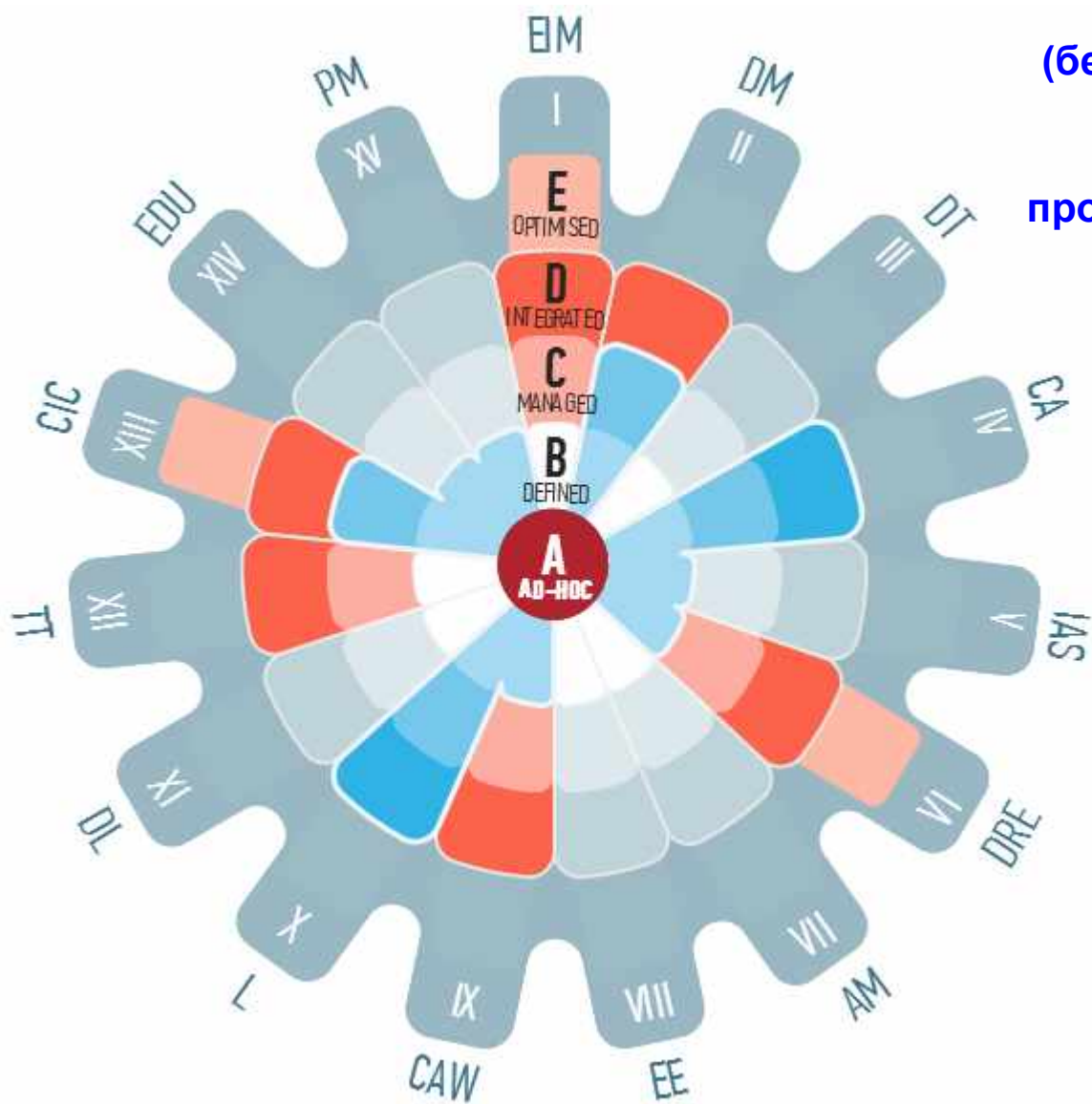
- Сегмент 11. Цифровое управление логистикой
- Сегмент 12. Трансфер технологий
- Сегмент 13. Кросс-отраслевая кооперация
- Сегмент 14. Партнерство с образовательными платформами
- Сегмент 15. Управление проектами

# Комплексная модель оценки цифрового развития предприятия

Уровни развития, слева и результат диагностики развития компании, справа, цветами, отмечены компания сравнения и сравниваемая



# Комплексная модель оценки цифрового развития предприятия



Результат сравнения  
(бенчмаркинг) двух компаний  
по уровням развития и  
интеграции цифровых  
производственных технологий



# Комплексная модель оценки цифрового развития предприятия

## Раздел 1. Единое информационное производство.

Сегмент 1. Единая система управления информацией предприятия, единое информационное пространство, EIM

