ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Современная цифровая образовательная среда в РФ

Технет
Национальная технологическая инициатива

ЦЕНТР НТИ СПбПУ
НОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПОЛИТЕХ
Институт передовых производственных технологий

CML
CompMechLab
ЦЕНТР КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА СПбПУ

Северо-Западный региональный центр компетенций в области онлайн-обучения

Лекция 3.2

Архитектура Фабрик Будущего. Цифровая-«Умная»-Виртуальная Фабрики

Рябов Юрий Александрович, к.полит.н.,
начальник отдела промышленного и технологического форсайта
ИЦ «ЦКИ» СПбПУ

Сравнительная характеристика традиционного и передового производства

Традиционное производство

- Низкий уровень автоматизации
- Низкая производительность труда
- Контроль и управление затруднены
- Низкая скорость передачи и обработки информации
- Длинные производственные циклы
- Медленная адаптация к изменениям
- Невозможность изготовления сверхсложных изделий

Сравнительная характеристика традиционного и передового производства

Передовое производство

- Высокий уровень автоматизации
- Высокая производительность труда
- Доступ к актуальной информации в режиме реального времени для всех подразделений информации
- Удешевление конечной продукции
- Минимизация брака
- Сокращение производственных циклов
- Максимальная гибкость
- Возможность массовой кастомизации
- Возможность изготовления сверхсложных изделий

Фабрики Будущего

Термин **«Фабрика Будущего»** получил широкое распространение после запуска проекта Factories of Future partnership, являющегося частью программы технологического развития стран Европейского союза **Horizon 2020**

Фабрики Будущего подразумевает объединение передовых технологий, обеспечивающих высокую добавленную стоимость для создания высокопроизводительных, экологически безопасных производственных площадок, способствующих устойчивому социальному развитию

В рамках Factories of Future partnership **Фабрики Будущего подразделяются на:**

- **Цифровые** (цифровое проектирование и моделирование продукции и производства)
- **«Умные»** (гибкое производство, автоматизация индустриальный интернет)
- **Виртуальные** (управление цепочками поставок и распределенными активами)

Классификация Фабрик Будущего

Цифровые фабрики:

- Цель:
  Возможность увидеть продукт еще до того, как он будет произведен
- Средства:
  Программное обеспечение для цифрового представления и проведения испытаний продуктов/ процессов до их производства/использования

Производительность проектирования

- Сокращение числа ошибок при проектировании
- Повышение качества продуктов
- Сокращение переделок и производственных отходов
- Сокращение срока вывода продуктов на рынок

Проектирование в промышленности и управление жизненным циклом продукта

«Умные» фабрики:

- Цель:
  Увеличение автоматизации, улучшение контроля
  и оптимизация процессов на фабрике
- Средства:
  Программное обеспечение, лазеры и датчики, встроенные в промышленное оборудование и инфраструктуру

Производительность фабрики

- Сокращение отходо- и энергоемкости производства
- Повышение продуктивности
- Сокращение предпусковых/ предостановочных операций
- Повышение качества

Гибкое (быстро переналаживаемое) производство и массовая кастомизация

Виртуальные фабрики:

- Цель:
  Управление цепочками поставок и создание добавленной стоимости через интеграцию продуктов и услуг
- Средства:
  Программное обеспечение для полного соединения и управления распределенными активами фабрики; новые бизнес-модели и конкурентные предложения

Производительность цепочек поставок

- Повышение добавленной стоимости продуктов
- Увеличение занятости
- Прозрачность цепочек поставок
- Защита интеллектуальной собственности
- Сокращение выбросов углекислого газа

Создание ценности, глобальное сетевое производство и логистика

Источник: European comission

10 технологий Четвертой промышленной революции, которые могут повлиять на производственную

1. Цифровое проектирование, моделирование и интеграция;
2. Суперкомпьютерный инжиниринг;
3. Струйная трехмерная печать и аддитивное производство;
4. Новые материалы;
5. Робототехника и искусственный интеллект;
6. Большие данные и углубленный анализ данных;
7. Интернет вещей;
8. Дополненная и виртуальная реальность;
9. Технология блокчейн;
10. Промышленная биотехнология

Ключевые перспективные технологии

Европейской комиссией были выделены **ключевые перспективные технологии** (Key Enabling Technologies, KET), определяемые как наукоемкие, требующие труда высококвалифицированных специалистов и значительных капиталовложений. Данные технологии способствуют созданию инновационных продуктов и услуг и могут рассматриваться как производственные.

Перечень ключевых перспективных технологий:

Наноматериалы;

Нано- и микроэлектроника;

Фотоника;

Новые материалы;

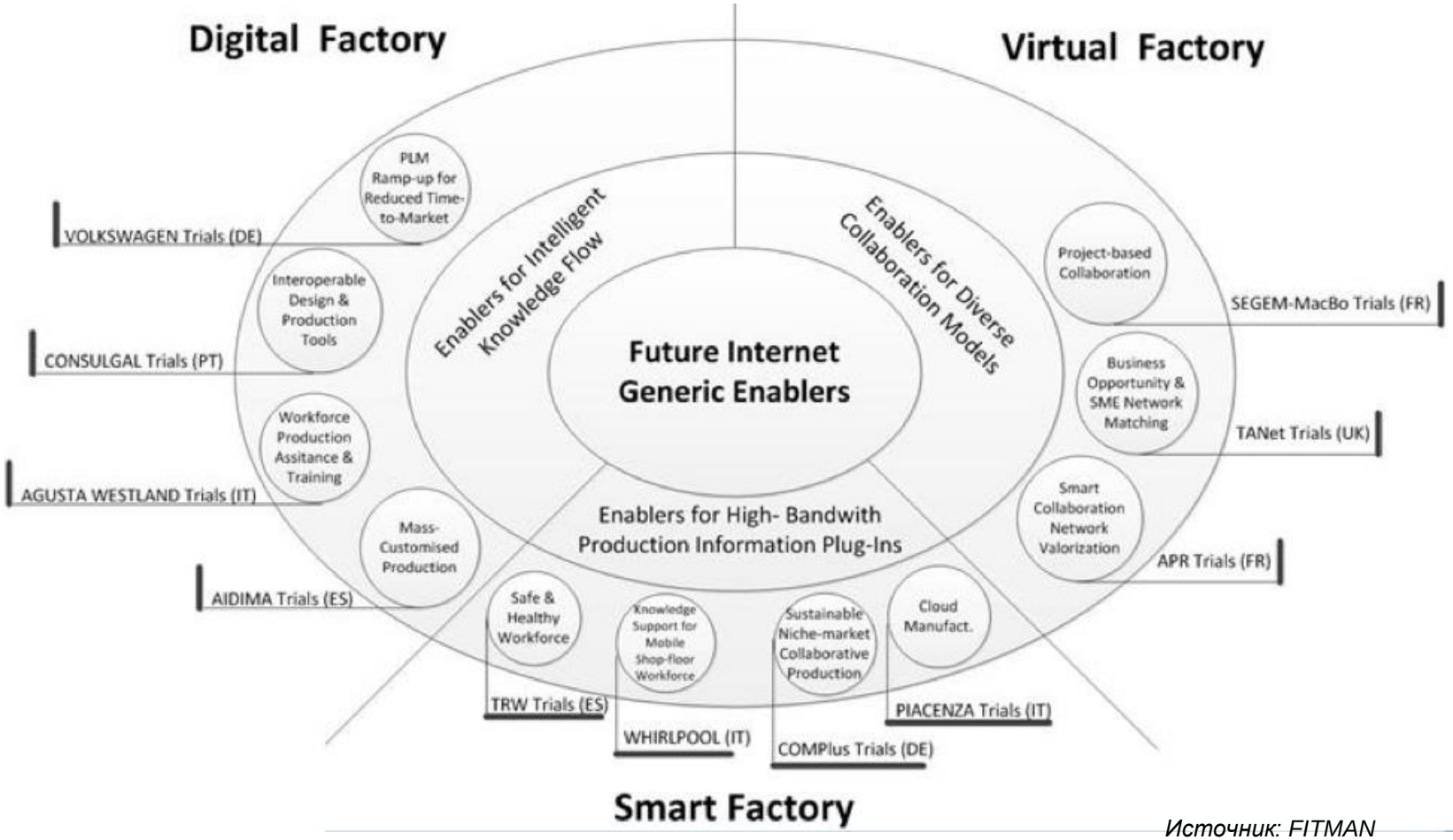
Промышленные биотехнологии;

Передовые производственные системы.

Источник: Horizon 2020: Key Enabling Technologies (KETs), Booster for European Leadership in the Manufacturing Sector, стр. 20-22

Проект FITMAN

Проект **FITMAN** (**F**uture **I**ndustrial **T**echnologies for **MAN**ufacturing) был запущен в 2013 году для апробирования концепций Цифровых, Умных и Виртуальных Фабрик на реальных производственных площадках. Завершен в 2015 году.



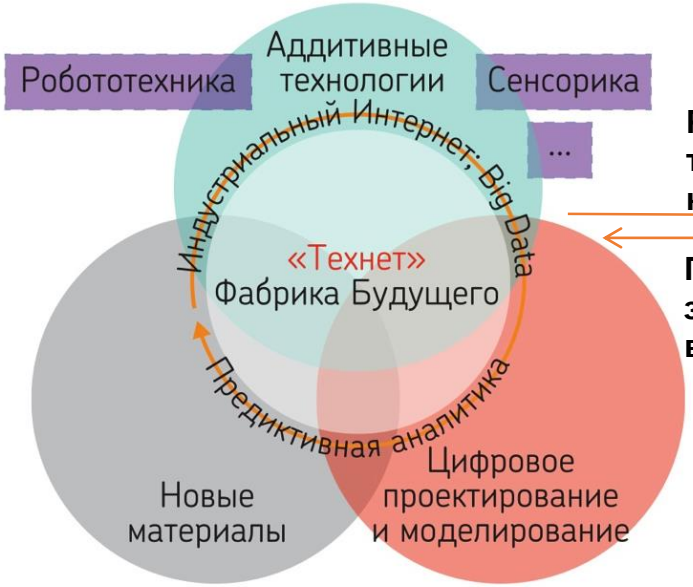
Источник: FITMAN

Фабрика Будущего “Технет”

Фабрики Будущего - системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения

Модель Фабрики Будущего “Технет”

Рынки НТИ:
- **Автонет**
- **Аэронет**
- **Маринет и тд.**



Решения, технологии, кадры

Промышленные задачи/проблемы-вызовы

В рамках Дорожной карты “Технет” НТИ Фабрики Будущего понимаются как современное производство нового поколения для изготовления глобально конкурентоспособной и кастомизированной продукции, а также для решения актуальных задач по импортозамещению и развитию высокотехнологического экспорта российской продукции на основе применения передовых производственных технологий с эффективным применением концепции открытых инноваций и трансфера передовых наукоемких технологий.

Фабрика Будущего “Технет” НТИ

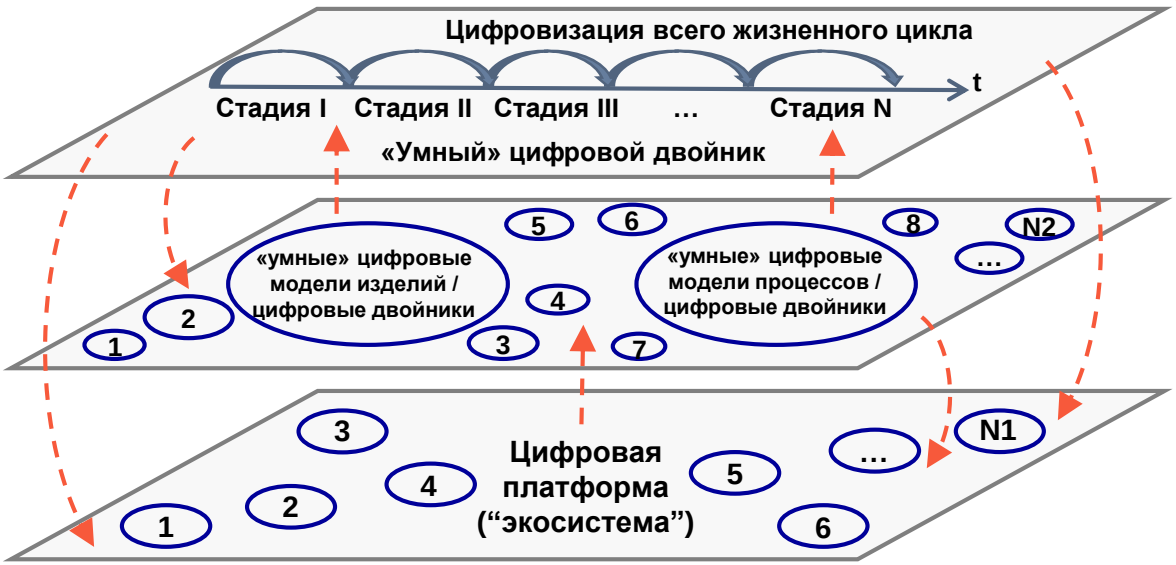
I. Фабрика Будущего – это определенный тип системы бизнес-процессов (способ комбинирования бизнес-процессов), имеющий следующие характеристики:

I. 3. Тотальная цифровизация всего жизненного цикла изделий (CAx, PLM, MES, ERP, …);

I. 2. Разработка систем цифровых моделей изделий и процессов;

I. 1. Создание цифровой платформы («экосистемы»);

“Технет” (передовые производственные технологии)



Основные компетенции:

1. Задача-вызов – быстрая кастомизация отклика на запрос Заказчика;
2. Системный инжиниринг;
3. Многоуровневая матрица целевых показателей и ограничений (~10^4–10^5);
4. Разработка и валидация математических моделей с высоким уровнем адекватности;
5. Жизненный цикл (CAx, PLM, MES, ERP,…);
6. Контроль качества на входе и на выходе (широкое применение виртуальных испытаний – “цифровая сертификация”);
7. Система мотивации;
8. …

II. Кадры (“Фабрики Будущего”)

1. ФГОС (прикладная магистратура,…);
2. Профессиональные стандарты;
3. …

III. Система регламентов (“регуляторика”)

1. “Быстрые победы” ➔ Лучшие практики ➔ Регламенты ➔ …
2. Сертификация (“цифровая сертификация” на основе валидированных математических моделей);
3. …

Цифровая экономика и Фабрики Будущего

I. РЫНКИ

- **I.I Рынки НТИ (Аэронет, Автонет, Маринет, Энерджинет, …)**
- **I.IV Промышленность**
- **I.III Транспорт**
- **I.V Энергетика**

II. СКВОЗНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- **Большие данные (Smart Big Data)**
- Нейротехнологии и **искусственный интеллект**
- Системы распределенного реестра
- Квантовые технологии

- **Технет и Передовые Производственные Технологии (CAD/CAE/CAM/CAO, HPC, PLM, MBE, ICS, MES, новые материалы, аддитивные и гибридные технологии, робототехнический комплексы, системный инжиниринг, …)**
- **Промышленный интернет**
- Технологии беспроводной связи

- **Технологии виртуальной и дополненной реальностей**
- Туманные вычисления
- Другие технологии

III.I НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

- **III.I Стандарты**
- **III.I Сертификация**

Фабрики Будущего (ФБ)

III.III ЦИФРОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

$ФБ_1$ | $ФБ_2$ | $ФБ_3$ | $ФБ_4$ | $ФБ_5$ | $ФБ_6$ | $ФБ_7$ | $ФБ_8$ | $ФБ_9$ | … | $ФБ_{N2}$

$ИП_1$ | $ИП_2$ | … | $ИП_{N1}$

Испытательные полигоны (ИП)

III.IV ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ

НИОКР (R&D)

Инжиниринговые центры университетов и инжиниринговые компании

Центры компетенций – отработка отдельных компетенций

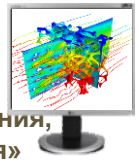
Образование (прикладная магистратура, ФГОС, профстандарты, …)

III.II ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА

Составные части/слои Фабрики Будущего

(ЦИФРОВАЯ) Digital Factory

Новая парадигма цифрового проектирования и моделирования («без прототипа», виртуальные испытания, оптимизация, «цифровая сертификация»



(«УМНАЯ») Smart Factory

Гибкое и кастомизированное производство

(ВИРТУАЛЬНАЯ) Virtual Factory

Распределенное сетевое производство

Планирование изделия Product Planning → **Проектирование изделия** Product Design → **Планирование производства** Production Planning → **Пусконаладочные работы** Rampup → **Серийное производство** Production → **Эксплуатация** Use of Product → **Сервисное обслуживание** Service

Технологии:
- Цифровое проектирование и моделирование (CAD/CAE/HPC/CAO/CAM/CAAM/PDM/PLM)
- Новые материалы и конструкции, включая сертификацию
- Аддитивные и гибридные технологии
- CNC-технологии
- Big Data (управление расчетными данными)

Эффекты:
- Сокращение числа ошибок при проектировании
- Сокращение переделок и производственных отходов
- Сокращение срока вывода продуктов на рынок

Продукт:
- DMU (цифровой макет)
- Опытный образец и/или мелкая серия

Уровень готовности технологий:
- TRL 1 – TRL 9
- MRL 1 – MRL 10

Технологии Цифровой Фабрики
+
Технологии:
- Промышленные роботы
- MES- и ICS-системы
- Сенсорика
- Индустриальный Интернет
- Big Data

Эффекты:
- Сокращение отходо- и энергоемкости производства
- Повышение производительности
- Сокращение предпусковых / предостановочных операций

Продукт:
- Серийное изделие

Уровень готовности технологий:
- TRL 4 – TRL 9
- MRL 4 – MRL 10

Технологии Цифровой Фабрики
+
Технологии «Умной» Фабрики
+
Технологии:
- Информационные системы управления предприятием (ERP, CRM, SCM…)

Эффекты:
- Повышение добавленной стоимости продуктов
- Увеличение занятости
- Прозрачность цепочек поставок
- Защита интеллектуальной собственности

Продукт:
- Цепочка поставщиков
- Опытный образец и/или мелкая серия
- Серийное изделие

Уровень готовности технологий:
- TRL 1 – TRL 9
- MRL 1 – MRL 10

Эффекты создания Фабрик Будущего

В сравнении с традиционными производственными цепочками современные объекты промышленной инфраструктуры, использующие решения “Фабрик Будущего” будут обладать следующими **преимуществами**, снимающими основные ограничения и барьеры развития производств в России:

- **сокращение затрат (до 50%) на производство;**
- **сокращение времени производства (в среднем в 2-3 раза, в зависимости от типа, специализации производства);**
- **существенно сокращение времени выпуска готовой продукции на рынок (time to market);**
- **более простое прогнозирование и управление деятельностью предприятия;**
- **сокращение количества дефектной продукции на производстве;**
- **облегчение конструкций (до 50% и более);**
- **повышение кастомизации производственного процесса.**

Данные эффекты обусловлены следующими **решениями** “Фабрик Будущего”:

- **цифровизация производственных процессов на уровне ~ 95%;**
- **безлюдное интеллектуальное производство не менее 50% технологических операций;**
- **переход к виртуальному управлению цепочками поставок (использование Big Data и предиктивной аналитики);**
- **соединение больших программных пакетов в единую систему, обеспечивающую управление производством (CAD, CAE, CAO, CAM, PDM, PLM, HPC, …, MES, ERP, …);**
- **внедрение технологий цифрового проектирования и моделирования, а также систем организации и управления предприятием в совокупности с промышленной сенсорикой и робототехникой;**
- **использование новых материалов.**

МОДЕЛЬ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА (TESTBED) И ФАБРИК БУДУЩЕГО

Испытательный полигон (TestBed-N)

Технологии

Ключевые компетенции – владение технологиями

{CAD}	{CAE}	{CAO}	{HPC}	{CAM / CAAM}	{AT / CNC}	{Произв. тех-ии}
CAD-1	CAE-1	CAO-1	HPC-1	CAM-1	AT/CNC-1	Тех-ия-1
CAD-2	CAE-2	CAO-2	HPC-2	CAM-2	AT/CNC-2	Тех-ия-2
CAD-3	CAE-3	CAO-3	HPC-3	CAM-3	AT/CNC-3	Тех-ия-3
CAD-4	CAE-4	CAO-4	HPC-4	CAM-4	AT/CNC-4	Тех-ия-4
CAD-5	CAE-5	CAO-5	HPC-5	CAM-5	AT/CNC-5	Тех-ия-5
…	…	…	…	…	…	…
CAD-N1	CAE-N2	CAO-N3	HPC-N5	CAM-N4	AT/CNC-N6	Тех-ия-N7

Фабрика Будущего в автомобилестроении
(CAD-2+ CAE-4+CAO-2+CAM-1+HPC-3+AT/CNC-5+Технология-1

Фабрика Будущего в авиастроении

Фабрика Будущего в двигателестроении

Фабрика Будущего N

Опытные образцы Мелкая серия

Массовое производство

{CAD}: NX, Catia, Creo, SolidEdge, SolidWorks, Inventor,… Компас 3D, T-Flex CAD, ECAD,…
{CAE}: ANSYS, Altair HyperWorks, LS-DYNA, SIMULIA / Abaqus,… ЛОГОС, НИМФА, ДАНКО+ГЕПАРД, FlowVision, CAE Fidesys, T-Flex Анализ, APM FEM, Эйлер,…
{CAO}: Altair OptiStruct, solidThinking Inspire, Tosca Fluid, Tosca Structure, CAESS, modeFRONTIER,… pSeven, IOSO NM,…
{HPC}: HP, IBM, Cray, NEC, Fujitsu,… Т-платформы, РСК,…
{CAM/CAAM}: PowerMILL, NX CAM, Mastercam, ESPRIT, FeatureCAM,… ГеММа 3D, ADEM-CAM, T-Flex-ЧПУ,… Autodesk Within, Materialise 3-matic STL,…
{AT/CNC}: EOS, Concept Laser, Stratasys, DMG Mori, Mazaq,… СТАН, Росатом,…
{Производственные технологии}: литье, штамповка, сварка, прессование, гибка, ковка,…

Фабрики Будущего, генерируемые на испытательном полигоне (TestBed) на базе ИППТ СПбПУ

Automotive-1
Разработка комплекса технологических решений, обеспечивающих интеграцию ППТ в производственную цепочку для занятия лидирующих позиций в отечественном автомобилестроении и создания конкурентоспособной продукции мирового уровня

Automotive-2
Разработка комплекса технологических решений, обеспечивающих интеграцию передовых производственных технологий в производственную цепочку компании для создания внедорожника УАЗ Патриот 2020

Automotive-3
Разработка полномасштабных математических моделей, расчетные исследования и проектирование конструкционных элементов пассажирских автобусов нового поколения, модульной платформы беспилотного пассажирского и грузового транспорта

МИНПРОМТОРГ РОССИИ

Automotive-4

Gas turbine Tractor
Совместно с ОАО «КИРОВСКИЙ ЗАВОД» (кабина, коробка передач, мосты,…)

Shipbuilding-1
Разработка полномасштабных математических моделей, расчетные исследования и проектирование конструкционных элементов атомных подводных лодок «Ясень» 4-го и 5-го поколений

Shipbuilding-2

Shipbuilding-3

Shipbuilding-4

Shipbuilding-5

ПОЛИТЕХ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ПОЛИТЕХ Центр Национальной технологической инициативы Новые производственные технологии

ПОЛИТЕХ Институт передовых производственных технологий

CML Центр компьютерного инжиниринга СПбПУ CompMechLab

Engine-2
Проектирование и анализ деталей из ПКМ с 3D-тканой армирующей внутренней структурой

Engine-3
Лезвийная обработка с учетом физических процессов, происходящих во время резания

Aerospace-1

Aerospace-2

Aerospace-3

Helicopter-1
Разработка полномасштабных математических моделей, расчетные исследования и проектирование конструкционных элементов гражданского скоростного вертолета

Helicopter-2

Helicopter-3

Создание распределенного центра виртуальных испытаний для ракетно-космической отрасли

Aerospace-4, 5,…

Фабрика Будущего в легкой промышленности и индустрии моды

Fashion