



**Кафедра 611Б «Системный анализ и  
управление»**



**Современное состояние и перспективы развития  
аэрокосмической техники**

**Концепция «Space 4.0».  
Концепция Space Factory 4.0**

**д.т.н., с.н.с. Ключников В.Ю.  
(ЦНИИ машиностроения)**

# Индустрия 4.0



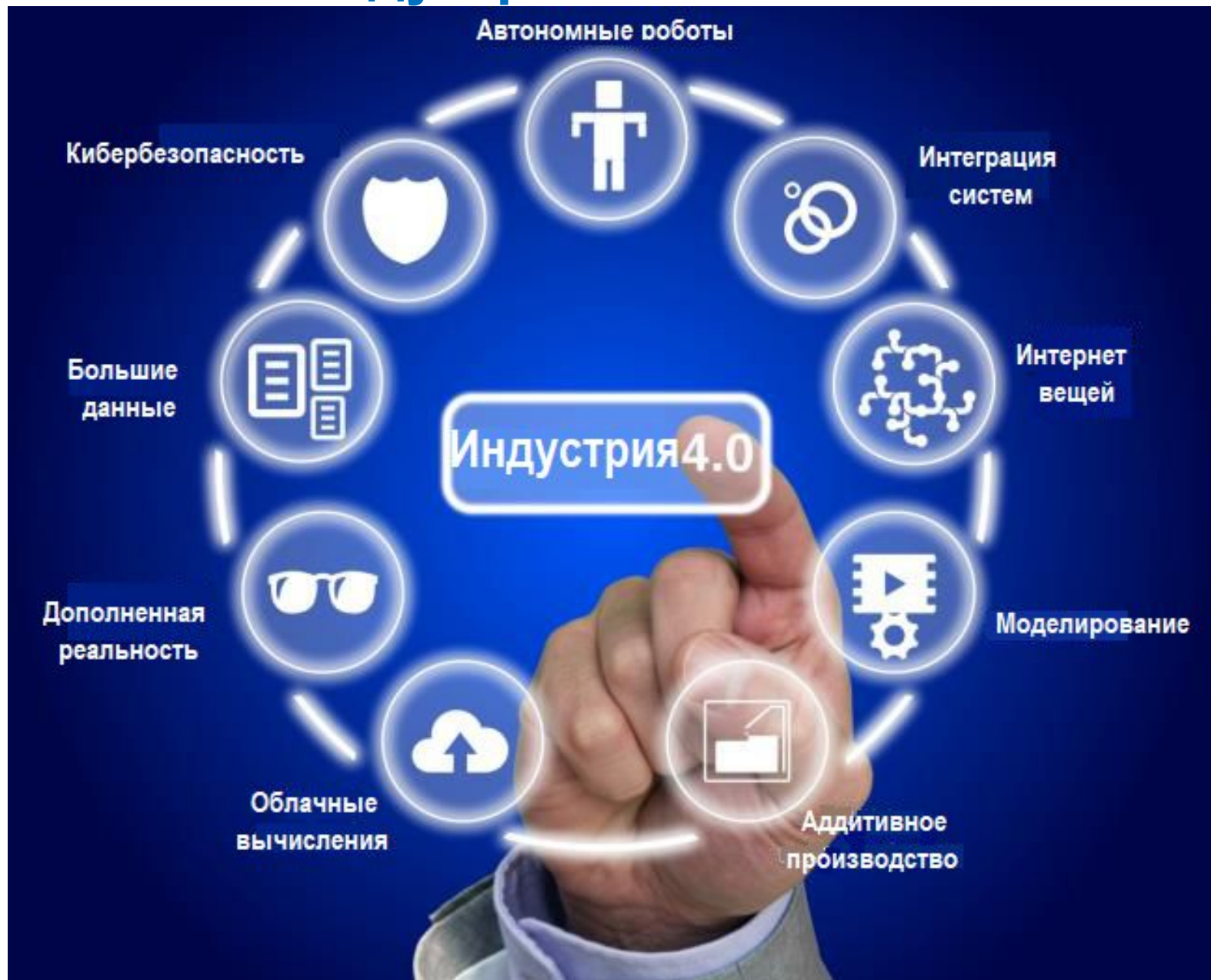
Термин «Индустрия 4.0» появился в 2011 году на одной из промышленных выставок в Ганновере. Основные принципы «Индустрии 4.0» - сбор полного объема данных обо всем, что делает техника, интеллектуальная техническая поддержка, передача части управленческих решений электронным системам и использование интернета вещей.

# Девять базовых технологий космической цифровой индустрии

## Источник:

## Aerospace 4.0™

*Hany Moustapha,  
Professor and Director,  
AÉROÉTS École de  
technologie supérieure,  
Senior Research Fellow,  
P&WC  
July 2016*



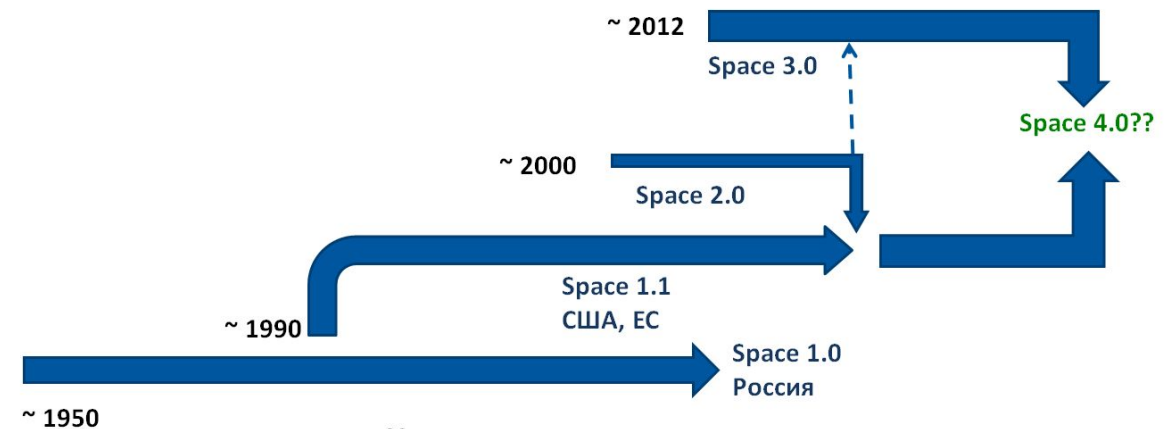
# Характеристика этапов эволюции космонавтики (по А.Г.Ионину)

Этап	Задачи и особенности	Плюсы	Минусы
Space 1.0 (до 1990 г.)	Задача - выход человека в космос. Особенность – специализация на всех уровнях (СГК). космические программы стали чрезвычайно интересны бизнесу: они обеспечили новые масштабные государственные заказы для огромного ВПК (тогда действовал экономический закон Ж.Б. Сэема: «Все, что произведено, будет продано»)	В кратчайшие исторические сроки разработано множество инновационных решений. Созданы новые высокотехнологичные отрасли экономики, новые научные направления и институты, качественный толчок получило техническое и естественнонаучное образование.	Потребность в практически «неограниченных» инвестициях, огромные операционные расходы.
Space 1.1 (с 1991 г.)	Задача - снизить себестоимость производства. Для этого в основу новой модели космонавтики были положены принципы стратегической бизнес-оптимизации. За 10 лет были созданы крупные холдинги, реализующие стратегические принципы «эффекта масштаба», «вертикальной интеграции», «синергии». Холдинги (в целях снижения корпоративных рисков) вошли в состав еще более крупных военно-промышленных и высокотехнологичных структур.	Снижение себестоимости космической продукции. Снижение финансовых рисков крупных производителей РКТ.	«Бизнес-оптимизированная» космонавтика проиграла рыночно-технологическое соревнование альтернативным решениям – воздушным и наземным технологиям. Все космические решения дороги; запущенный спутник нельзя ни отремонтировать, ни модернизировать. Главная проблема мировой космонавтики – не оптимизация расходов, а низкий уровень инновационной активности.
Space 2.0 (с 2000 гг.)	Задача – инноватизация. Переход к «натуральному хозяйству» ( «все, что могу, делаю сам»). Использование (где можно) общепромышленных технологий.	Удешевление производства РКТ. Выращены новые, молодые инновационные космические команды.	Производство РКТ осталось «штучным» (уникальным). Основной заказчик – государство.
Space 3.0	Задачи: преодоление кризиса целеполагания в космонавтике и выход общества из тупика	Ключевые космические технологии должны быть востребованы на Земле.	?

# Эволюция космонавтики (по А.Г. Ионину)

Этап	Задача	Коммерциализация (интерес бизнеса)	Инновационность
Space 1.0 (до 1969 г.)	<b>Сверхзадачи человечества</b>	<b>Очень высокая</b>	<b>Высочайшая</b>
Space 1.0 (1970-1990 гг.)	Удержание позиций	Очень низкая	Низкая
Space 1.1 (с 1991 г.)	Бизнес-оптимизация космической отрасли	Очень низкая	Низкая
Space 2.0	Инноватизация Space 1.0	Низкая	Ниже среднего
Space 3.0	<b>Сверхзадачи человечества</b>	<b>Очень высокая</b>	<b>Высочайшая</b>
Space 4.0	Космические средства на новых принципах	? <b>Высокая</b>	<b>Высочайшая</b>

- Space 2.0 – инновационный привой для «старого могучего древа» Space 1.1
- Space 2.0 – промежуточный этап развития
- Space 2.0 не нужен тем, кто пока Space 1.0 (Россия)!
- Space 1.0 (Россия) – это тупиковая ветвь развития

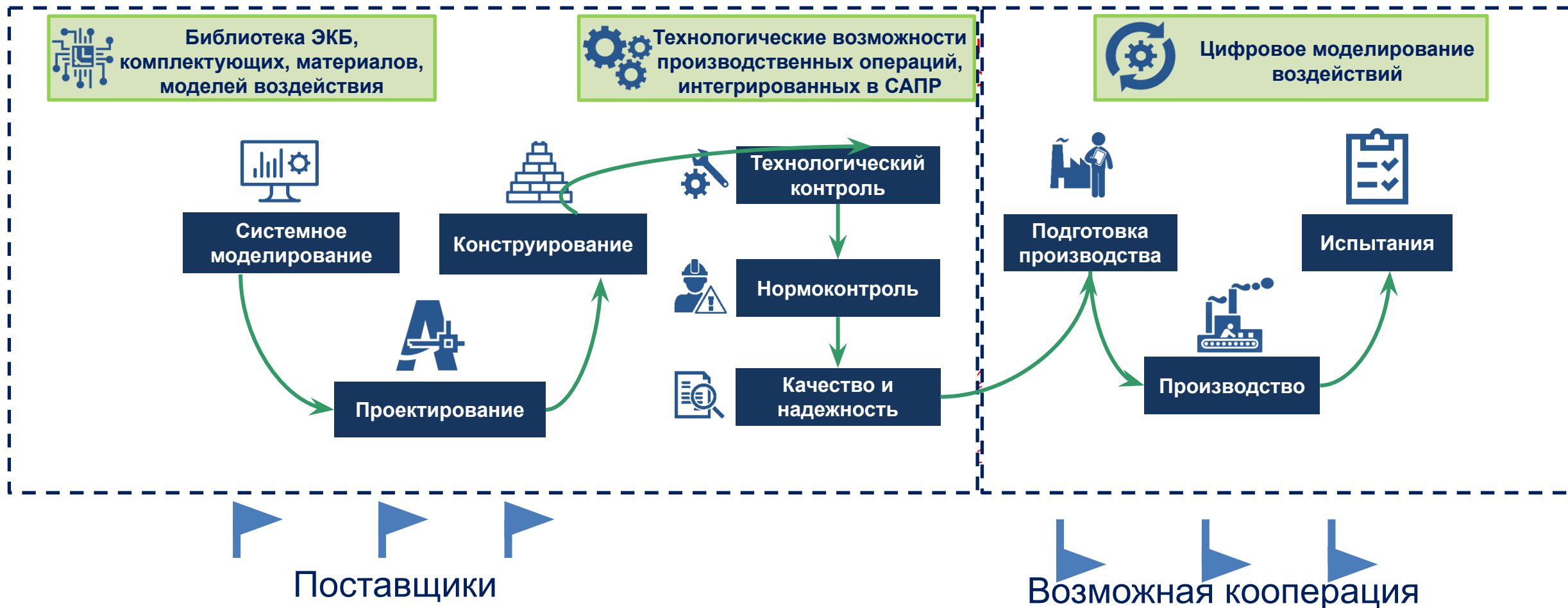


# Цифровое предприятие. Сквозное цифровое проектирование и производство

5

## Цифровое проектирование

## Цифровое производство



+ Библиотека ЭКБ, комплектующих, материалов, моделей воздействия

+ Технологические возможности производственных операций, интегрированных в САПР

+ Цифровое моделирование воздействий

## STK

**Анализ связи**

- Ежедневное обновление каталога космических объектов
- Определение параметров сближения
- Вероятность столкновения
- Орбитальные мероприятия
- Лазерное наведение
- Анализ окон запуска

**Операции сближения и причаливания**

- Маневры на этапах выведения, сближения и причаливания
- Общая модель
- Имитация замкнутого контура управления
- Проектирование траектории сближения
- Планирование маневра
- Проектирование КА и двигателя
- Проектирование ПН
- Проектирование связи

**Модели самолета и БПЛА**

- 6DOF модель траектории по параметрам
- Маневрирование при взлете, посадке, во время полета и VTOL
- Системное моделирование связи, навигации и зондирования
- Анализ аэрокосмического применения

**Сбор данных реального времени**

- Одновременное отображение и анимация тысяч треков данных
- Усовершенствованные стандарты данных
- Актуальная публикация данных внутри предприятия и сервисно-ориентированных архитектур
- Мониторинг перевозок, архивирование, отображение
- Фильтрация, метаданные, синхронизация предприятия
- Следование стандарту MIL-STD-2525B

**Картографические и съемочные данные**

- Глобальное изображение Земли
- ГИС данные и документированные карты ESRI
- Локальные или архивные данные высокого пространственного разрешения
- CADRG, JPEG2000, GIF, GeoTIFF и NITF
- Навигационные карты

**Моделирование наземной инфраструктуры**

- Модели городов и объектов
- Затенение по азимуту и возвышениям

**Моделирование антенн**

- 3-D модели антенн, включая параболическую, Гаусса, спиральную, диполь, ITU и апертурная
- Модели антенн, задаваемые пользователем, включая ФАР
- Моделирование многолучевой антенны и формирование ДН
- Затенение препятствием
- Формирование луча и адаптивная настройка моделей ФАР
- Влияния поляризации и модуляции
- Влияние рефракции на распространение сигнала и коэффициент усиления антенны

**Анализ радаров**

- Моностатические и бистатические модели
- Оптимизация размещения радара
- Моделирование PCA
- Влияние помех на характеристики радаров
- Анализ и фильтрация спектра сигнала
- Фазовая решетка и пользовательские модули

**Анализ характеристик системы**

- Мгновенное или накопленное покрытие для платформ, маршрутов или регионов
- Глобальное покрытие или регион заданный пользователем
- Снижение точности
- Выбранные пользователем показатели значимости, стоимости, временное покрытие, пропуски, отношение С/Ш
- Набор алгоритмов целевых задач и назначения ресурсов
- Многоспутниковые и многоцелевые миссии, анализ сетевых цепочек поставок
- Отчеты, графики, динамическое отображение данных
- Планирование ресурсов

**Моделирование подводной обстановки**

- Анализ и визуализация подводного рельефа
- Расширяемая архитектура plug-in для акустического моделирования
- Интеграция компромиссных данных при анализе противолодочной борьбы
- 3-D визуализация батиметрических данных

**Моделирование маневрирования**

- Импульсные воздействия
- Определение параметра управления
- Циклограмма маневрирования
- Моделирование ориентации
- Встроенные модели двигателей постоянной тяги, ионных и др.
- Удержание станции
- Реконструкция маневра
- Параметр нацеливания и оптимизация

**Звездное небо**

- База данных звезд
- Эфемериды планет JPL

**Моделирование орбит**

- Баллистическое обеспечение расчета движение двух тел
- Высокоточный расчет орбитального движения, использующий цифровой интегратор
- Задаваемые пользователем модели атмосферного торможения, давления солнечного излучения и гравитации
- Задаваемые пользователем системы координат
- Поддержка JPL/SPICE
- Ежедневное обновление каталога космических объектов
- Циклограммы управления миссий для расчета траекторий
- Целевой параметр оптимизации

**Глобальные системы спутниковой навигации**

- Альманах спутников, грубые измерения, файл эфемерид
- Точности навигации: исторические, реального времени
- Свойства реальной группировки
- Точное время: смещение и распространение
- Расчет URE, UEE, UERE и ошибок
- Моделирование высококачественного приемника
- Влияние помех и интерференции
- Полная оценка координат и времени

**Анализ миссий к Луне и дальнего космоса**

- Моделирование импульсной или конечной тяги
- Проектирование миссии в точку Лагранжа
- Задаваемые пользователем модели центра масс
- Проектирование перелета и вывода на орбиту
- Целевые эфемериды
- Модели ориентации IAU
- Динамический датчик посадки на земную, лунную и марсианскую поверхность на базе 3-D ЦИР
- Нацеливание и визуализация В-плоскости

**Определение орбит**

- Геодезические модели сил
- Наземные, космические, оптические, RT, лазерные и GPS средства трекинга
- Оптимальная фильтрация данных
- Сглаживание фиксированных интервалов
- Управление маневрированием
- Обнаружение и оценка маневра
- Геолокация с использованием TDOA и FDOA
- Поддержка расширенного формата данных
- Имитатор данных орбитального трекинга
- Проектирование системы сопровождения
- Прогноз точности орбиты по параметрам трекинга

**Моделирование ракет**

- Проектирование ICBM и пороховых ускорителей
- Полная имитация полета и высокоточное движение
- Ступени РН
- Высотное маневрирование
- Аналитика перехвата
- Арсеналы РН
- Радарные сечения расcеяния
- Аналитика полей обороны
- Пользовательские модели

Программный продукт STK позволяет проводить разработку, анализ, визуализацию и оптимизацию наземных, морских, авиационных и космических систем, создавая интегрированную модель

# Перспективное цифровое производство “Industry 4.0” для систем малых спутников



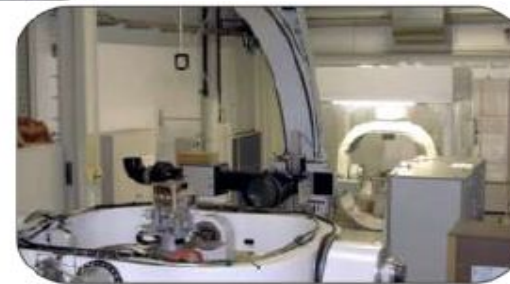
Модульная архитектура спутниковой платформы, обеспечивающая гибкую интеграцию в производство



Объединение людей и роботов для эффективной интеграции спутниковых систем



Гибкое транспортное перемещение материалов между участками сборки и испытаний



Автоматизированное испытание функциональности и характеристик спутника



**Конкретные преимущества включают:**

- Высокую гибкость к изменениям стандартного изделия
- Быструю интеграцию модульных компонентов
- Восприятие требований высокого качества
- Масштабируемость.



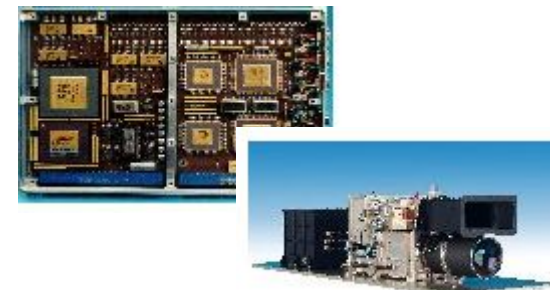
# Базовые принципы создания перспективной ракетно-космической техники:

## качество, надежность, импортонезависимость, унификация

Целевая и служебная аппаратура КА



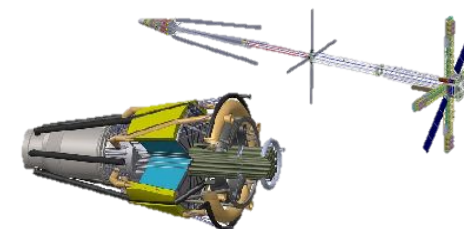
Создание приборного ряда мирового уровня.  
Освоение и развитие технологии Spacewire



Двигательные установки и, системы управления КА и СВ



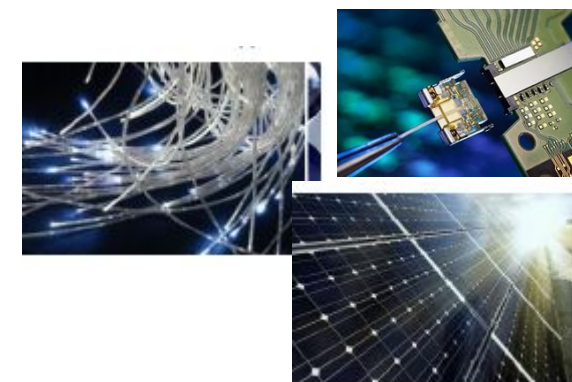
Освоение и развитие технологий мощных энергодвигательных систем, включая ядерные энергетические установки  
Микроминиатюризация



Общепромышленные технологии космического машиностроения, приборостроения, материаловедения




Внедрение достижений фотоники, перспективных коммуникационных систем, цифровых технологий





Спасибо за внимание!



ГОСКОРПОРАЦИЯ «РОСКОСМОС»

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

 ЦНИИМАШ  
TSNIIMASH

 РОСКОСМОС

**КЛЮШНИКОВ**  
**Валерий Юрьевич**

Главный научный сотрудник  
доктор технических наук  
старший научный сотрудник

141070, г. Королев,  
Московская область  
ул. Пионерская, д. 4

Тел. раб.: +7(495) 513-44-44  
Тел. моб.: +7(903)185-24-91  
E-mail: [wklj59@yandex.ru](mailto:wklj59@yandex.ru)