

Лекционная программа

Промышленный дизайн
как драйвер устойчивого
развития



ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАМКАХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Владимир Глазов
Алексей Залата

АЛЕСКЕЙ
ЗАЛАТА

Инженер-конструктор
Главный инженер
2050.Лаб



ВЛАДИМИР
ГЛАЗОВ

Директор
инжинирингового
центра СберАвтоТех



2023



2021-2023



2003-2006



2014-2021

-НАМИ-

2014-2021



MARUSSIA

2009-2014



ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

01

Обратный инжиниринг

02

Предпосылки
возникновения
и мировой опыт

03

Аддитивные
технологии

04

Актуальность
и востребованность

05

Описание процесса
обратного инжиниринга

06

Плюсы, минусы и риски

07

Перспективы
развития

08

Обратный инжиниринг как
драйвер накопления
компетенций
и обеспечения технологической
независимости

01

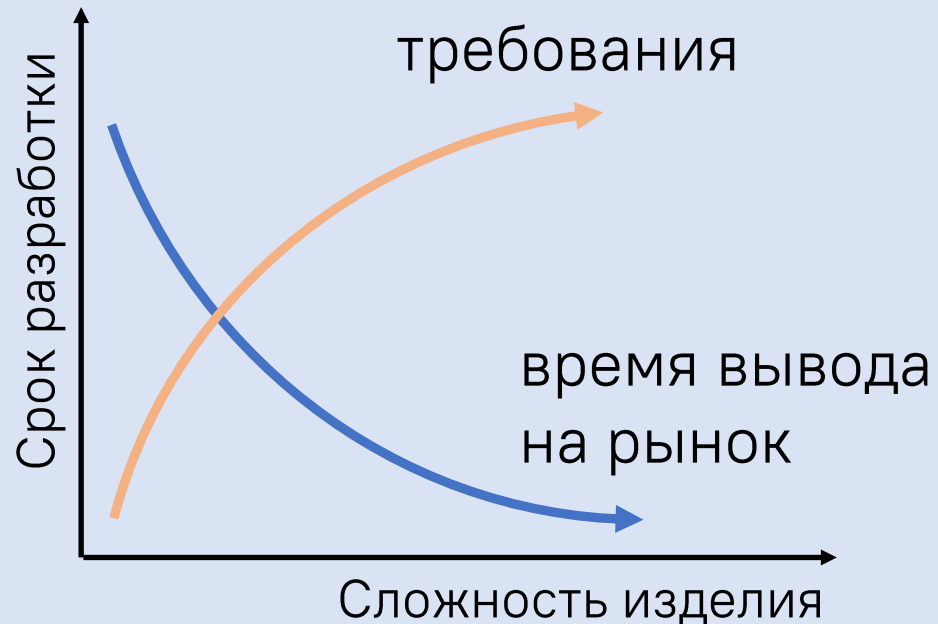
ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ



ТЕНДЕНЦИИ РЫНКА

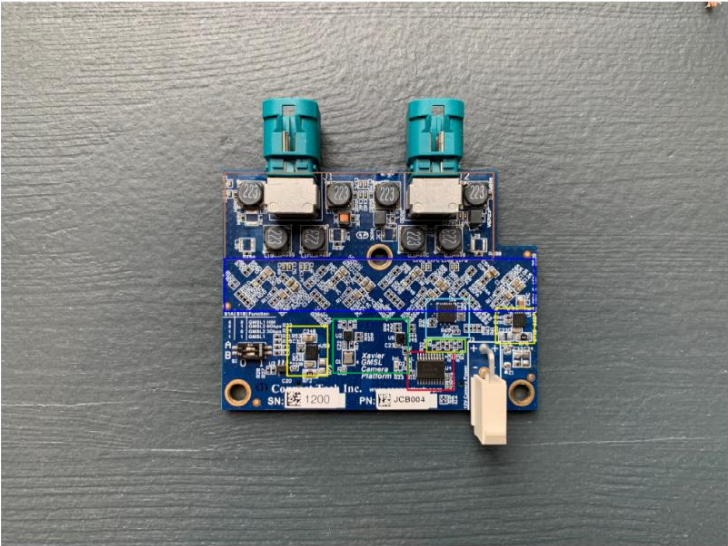
- В современной промышленности преобладает высококонкурентная среда, которая приводит к росту требований и вместе с тем к сокращению сроков проектирования.
- При таком экономическом ландшафте обратный инжиниринг которым пользуются все без исключения игроки современного рынка, совместно с аддитивными технологиями являются очень эффективными инструментами.

с



НАПРАВЛЕНИЯ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА

Платы
и электроника



Коричневый	Схема PoC
Синий	Обвязка микросхем MAX9296A Датшит во вложении
Желтый	2 линейных регулятора LT3080 , Rset обоих = 100k Vo=1V
Зеленый	Два тактовых драйвера 6215 и кварцевый генератор 25MHz
Красный	I2C/SMBus мультиплексор TCA9544A
Голубой	I2C/SMBus экспандер TCA9539
Салатовый	Резисторы установки приоритета микросхемы LTC4418

Программное
обеспечение

```
memcpy(priv->pipe, pipe_defaults, sizeof(pipe_defaults));

static void max9296_reset_ctx(struct max9296 *priv)
{
    int i;

    priv->link_setup = false;
    priv->lane_setup = false;
    priv->num_src_found = 0;
    priv->src_link = 0;
    priv->splitter_enabled = false;
    max9296_pipes_reset(priv);
    for (i = 0; i < priv->num_src; i++)
        priv->sources[i].st_enabled = false;
}

int max9296_power_on(struct device *dev)
{
    struct max9296 *priv = dev_get_drvdata(dev);
    int err = 0;

    mutex_lock(&priv->lock);
    if (priv->pw_ref == 0) {
        usleep_range(1, 2);
        if (priv->reset_gpio)
            gpio_set_value(priv->reset_gpio, 0);

        usleep_range(30, 50);

        if (priv->vdd_cam_lv2) {
            err = regulator_enable(priv->vdd_cam_lv2);
            if (unlikely(err))
                goto ret;
        }

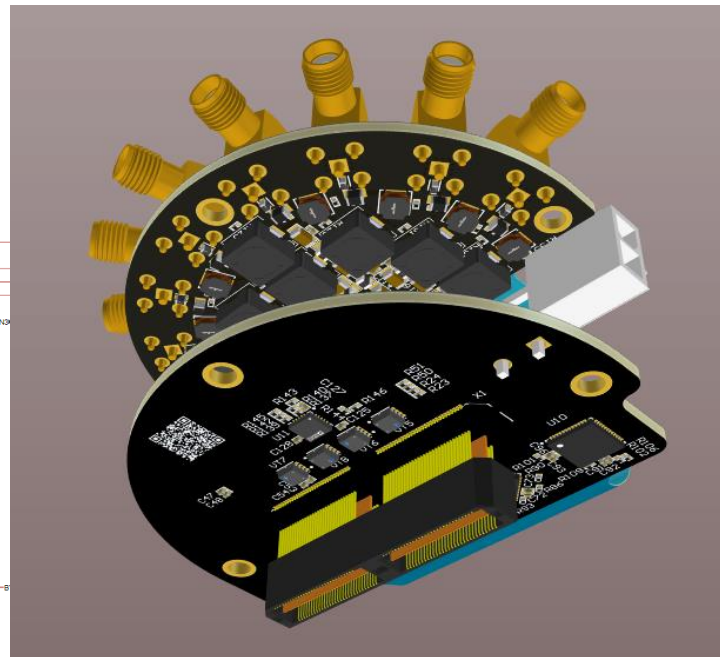
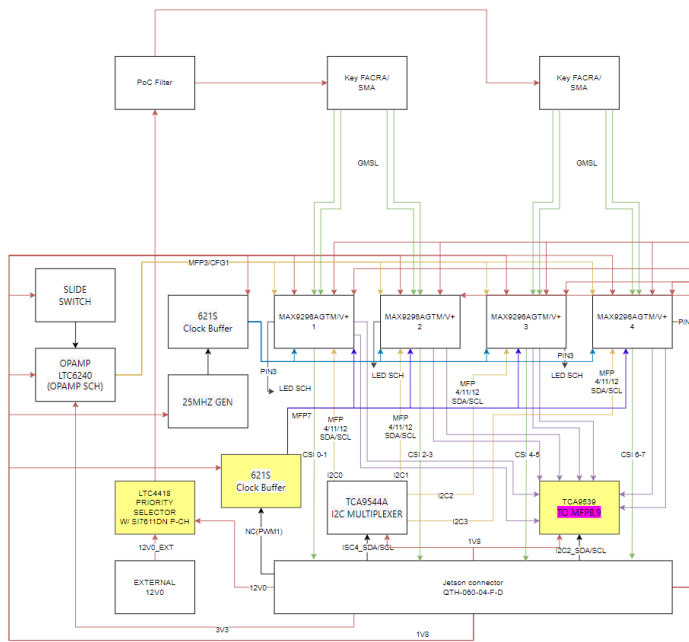
        usleep_range(30, 50);

        /*exit reset mode: XCLR */
        if (priv->reset_gpio) {
            gpio_set_value(priv->reset_gpio, 0);
            usleep_range(30, 50);
        }
    }
}
```

Механические узлы
и агрегаты

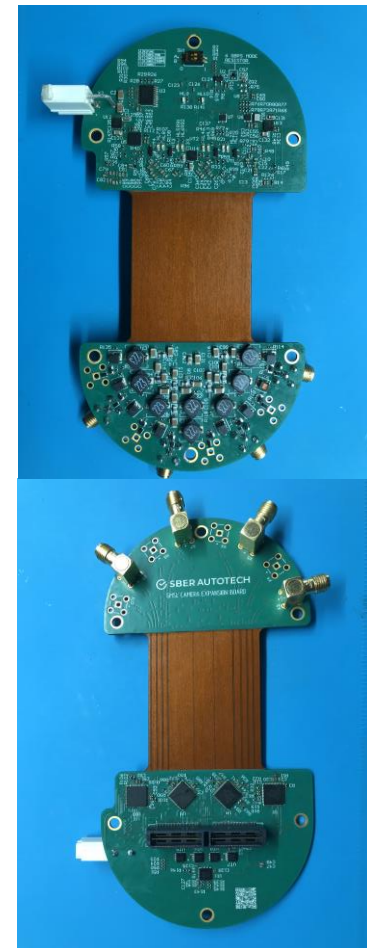
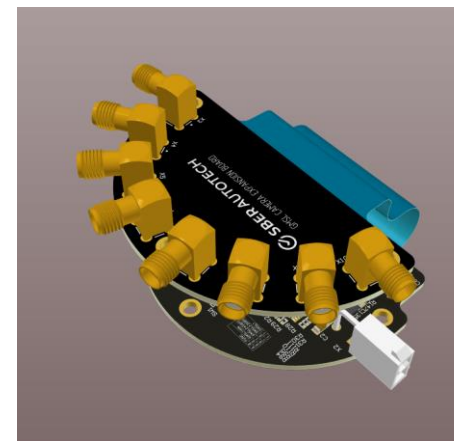
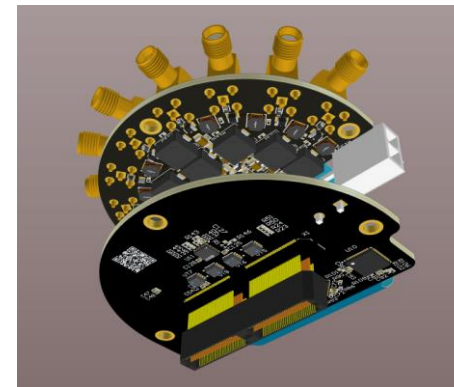
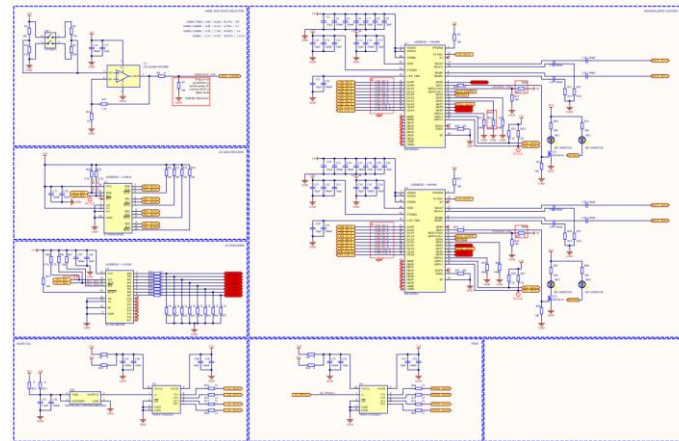
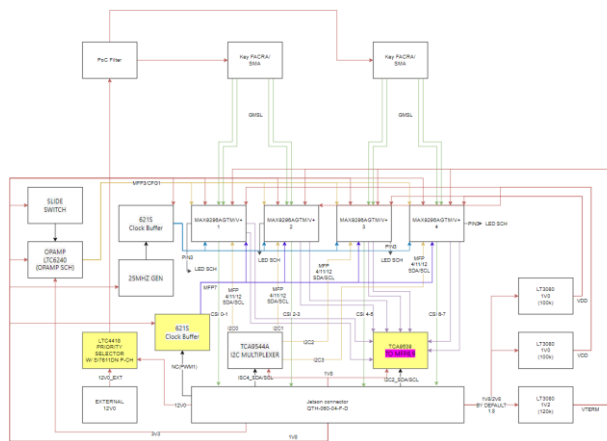


ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ ПЛАТ

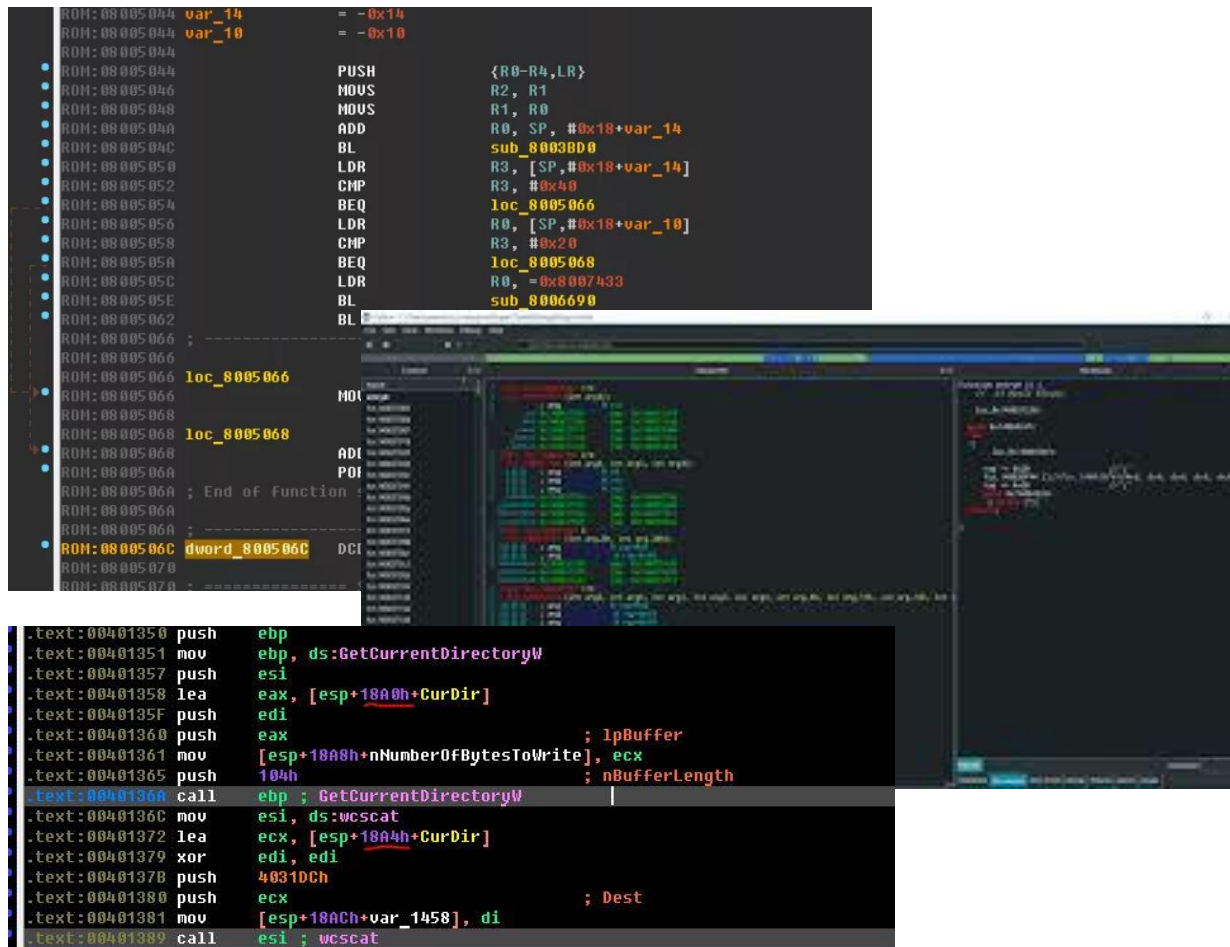


- Создание принципиальной электрической схемы печатной платы в САПР
- Экспорт всех электрических связей из схемы в лист соединений
- Импорт листа соединений в редактор печатных плат
- Трассировка печатной платы в редакторе
- Проверка проекта платы на наличие ошибок

ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ ПЛАТ



ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ



```
ROM:08005044 var_14 = -0x14
ROM:08005044 var_10 = -0x10
ROM:08005044
ROM:08005044 PUSH {R0-R4,LR}
ROM:08005046 MOVS R2, R1
ROM:08005048 MOVS R1, R0
ROM:0800504A ADD R0, SP, #0x18+var_14
ROM:0800504C BL sub_8003B00
ROM:08005050 LDR R3, [SP, #0x18+var_14]
ROM:08005052 CMP R3, #0x40
ROM:08005054 BEQ loc_8005066
ROM:08005056 LDR R0, [SP, #0x18+var_10]
ROM:08005058 CMP R3, #0x20
ROM:0800505A BEQ loc_8005068
ROM:0800505C LDR R0, =0x8007433
ROM:0800505E BL sub_8006690
ROM:08005062 BL
ROM:08005066 ;
ROM:08005066
ROM:08005066 loc_8005066
ROM:08005068
ROM:08005068 loc_8005068
ROM:0800506A
ROM:0800506A ; End of function
ROM:0800506A
ROM:0800506A
ROM:0800506C dword_800506C DCI
ROM:08005070
ROM:08005070
```

```
.text:00401350 push ebp
.text:00401351 mov ebp, ds:GetCurrentDirectoryW
.text:00401357 push esi
.text:00401358 lea eax, [esp+18A0h+CurDir]
.text:0040135F push edi
.text:00401360 push eax ; lpBuffer
.text:00401361 mov [esp+18A0h+nNumberOfBytesToWrite], ecx
.text:00401365 push 104h ; nBufferLength
.text:0040136A call ebp ; GetCurrentDirectoryW
.text:0040136C mov esi, ds:wscat
.text:00401372 lea ecx, [esp+18A4h+CurDir]
.text:00401379 xor edi, edi
.text:0040137B push 4031DCh ; Dest
.text:00401380 push ecx
.text:00401381 mov [esp+18ACh+var_1458], di
.text:00401389 call esi ; wscat
```

- Выбор необходимого ПО для обратной разработки
- Анализ и проверка применимости чипов, протоколов и интерфейсов
- Применение «снифферов» для записи работы ПО и дальнейшего анализа
- Написание «клона» и адаптация под существующую аппаратную часть
- Проверка проекта на наличие ошибок

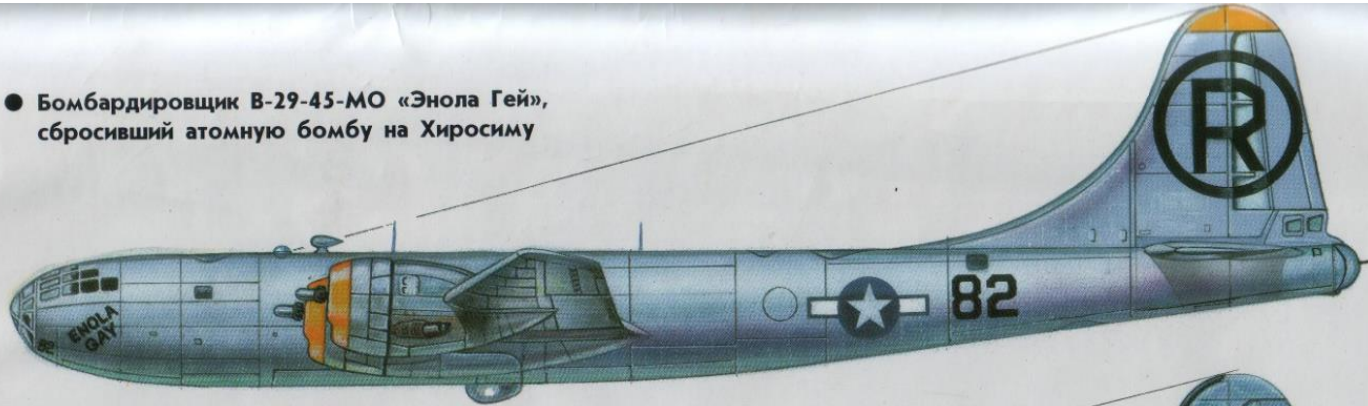
ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ



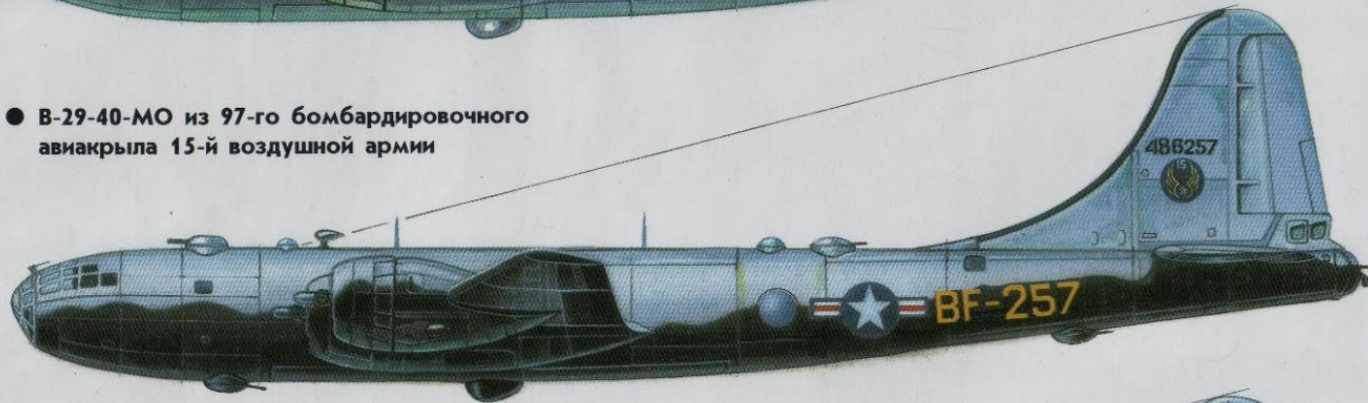
02

ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И МИРОВОЙ ОПЫТ

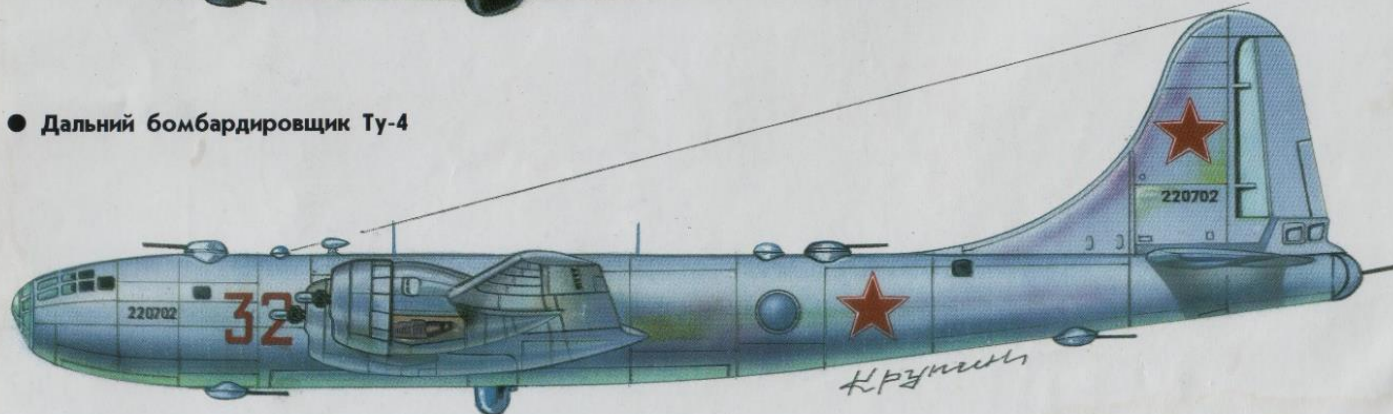
- Бомбардировщик В-29-45-МО «Энола Гей», сбросивший атомную бомбу на Хиросиму



- В-29-40-МО из 97-го бомбардировочного авиакрыла 15-й воздушной армии



- Дальний бомбардировщик Ту-4



ПРИМЕР ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА ПЛАТ И ЭЛЕКТРОНИКИ



ПРИМЕР ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА ПО И ЭЛЕКТРОНИКИ



Eg-26 EGG
1981



«Ну, погоди!»
1984

ПРИМЕР ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА ИЗДЕЛИЙ



RSD-1(Д²20)



ТЭ-1

ПРИМЕР ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА ИЗДЕЛИЙ



Немецкие канистры для бензина — в британских и американских войсках заметили, что немцы имели очень удобные канистры. Они скопировали эти канистры, и те получили название Jerry cans (от слова «gerrys» — от «Germans»).

ПРИМЕР ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА ИЗДЕЛИЙ

EMERGING TRENDS IN REVERSE ENGINEERING

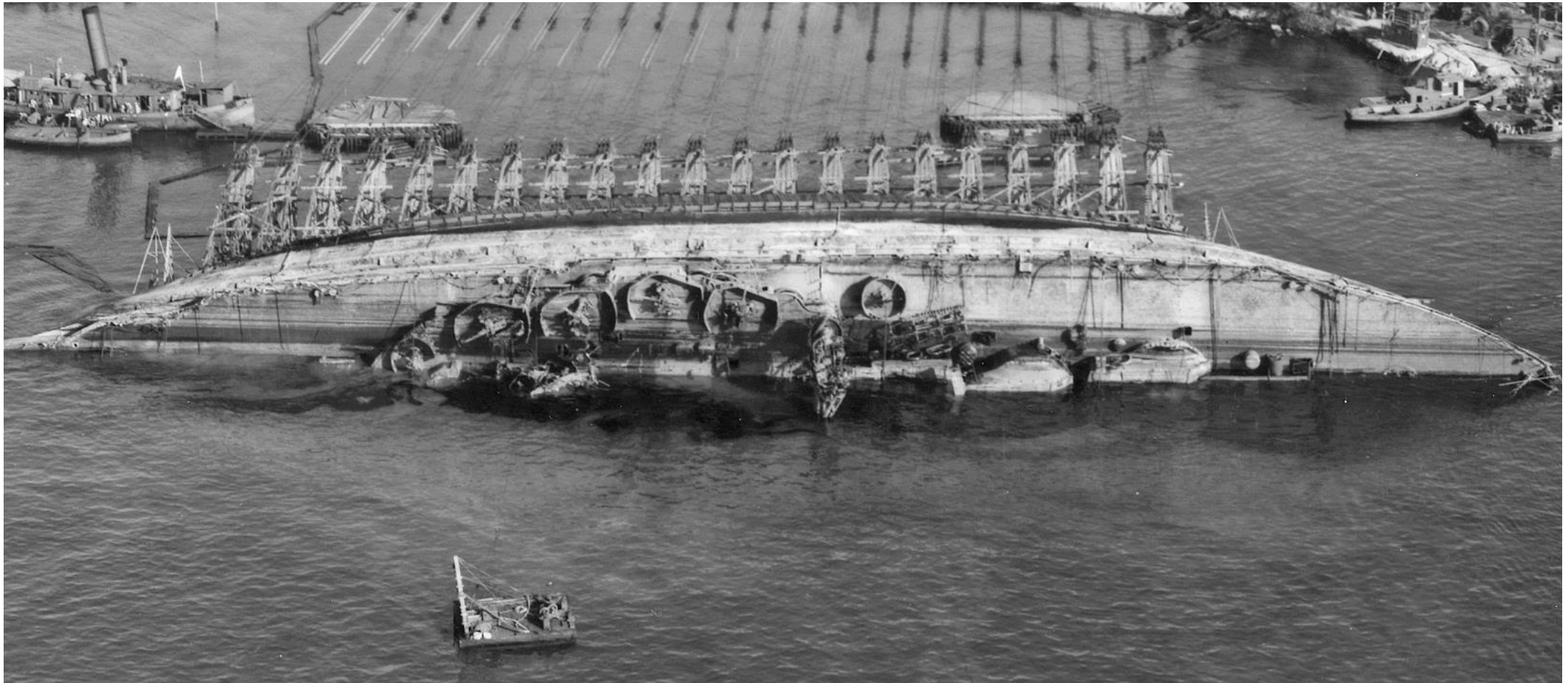
BOPAYA BIDANDA, ZHAOHUI GENG

*Department of Industrial Engineering
University of Pittsburgh, Pennsylvania, USA*

...analysis for defense to reengineering. One of the widely cited examples may be the U.S. B-29 Superfortress bombers and Soviet Tupolev Tu-4(Bull) bombers (Raja & Fernandes (2007)).



НЕУДАЧНЫЕ ПРИМЕРЫ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА



03

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА



ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ



Сканирование

Обработка
скана

Создание 3D
CAD-модели

Производство
(аддитивная
установка)

Испытания

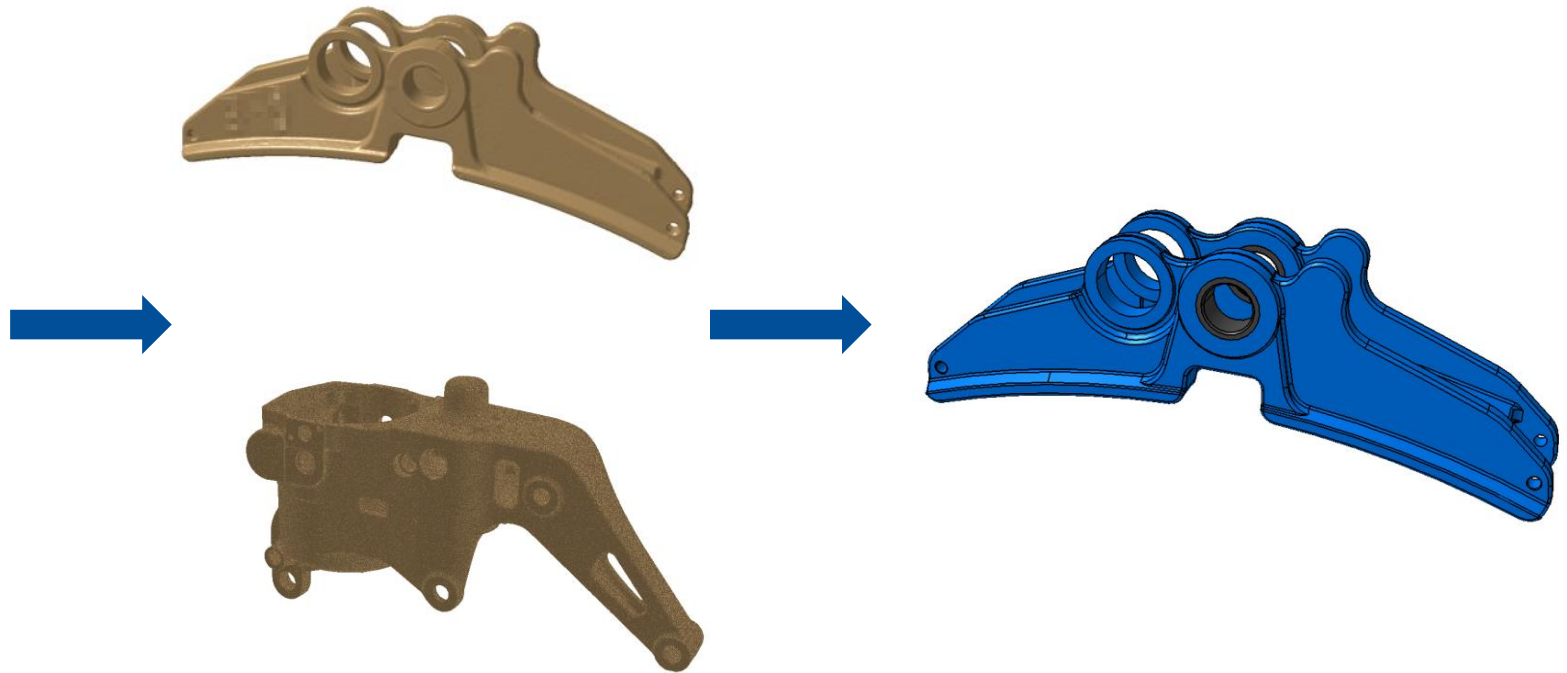


Экспорт
В САМ-систему

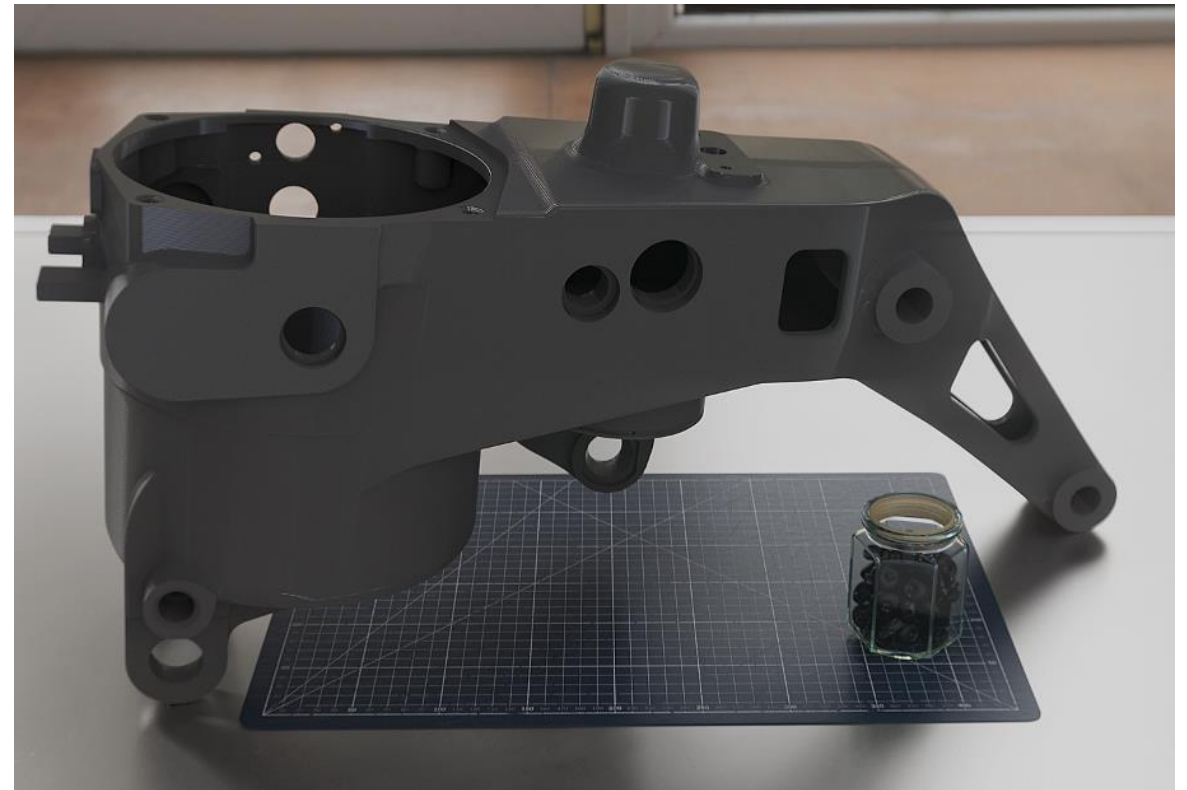
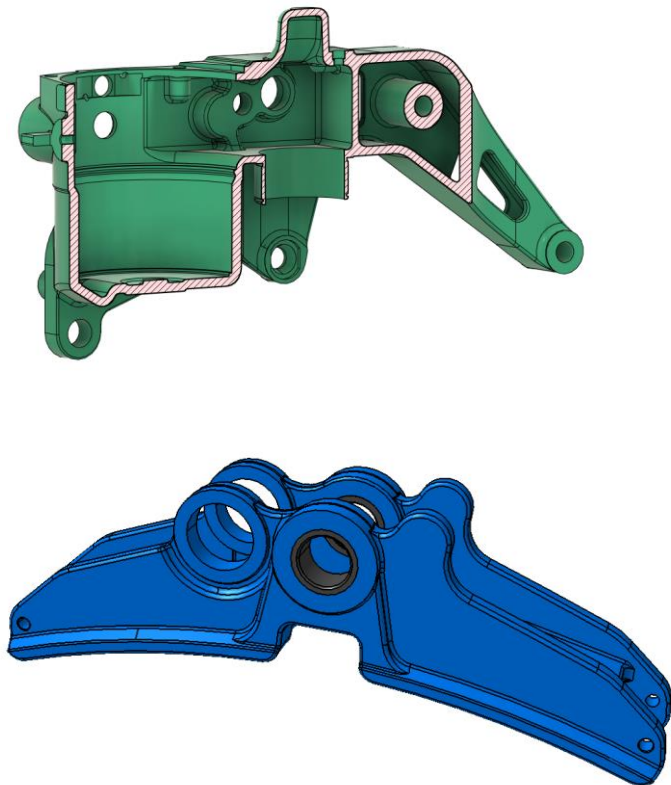
Производство
(станок с ЧПУ)



ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ

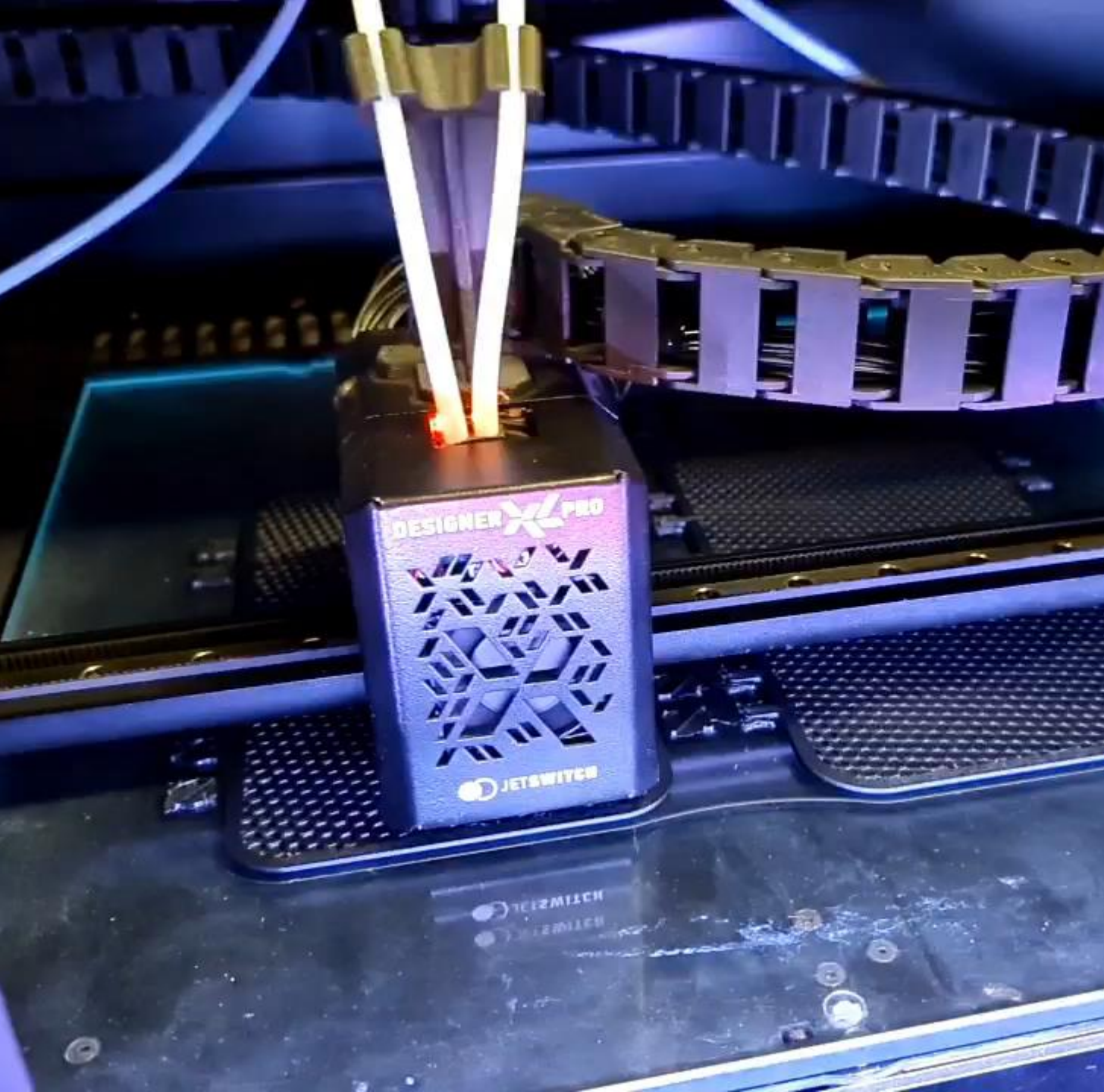


ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ МЕХАНИЧЕСКИХ УЗЛОВ

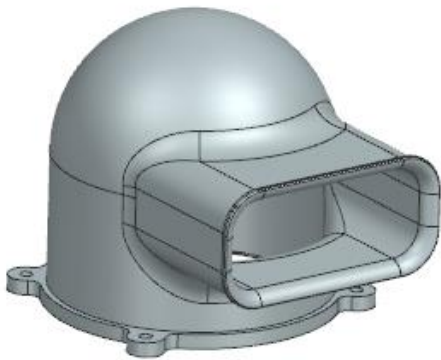


04

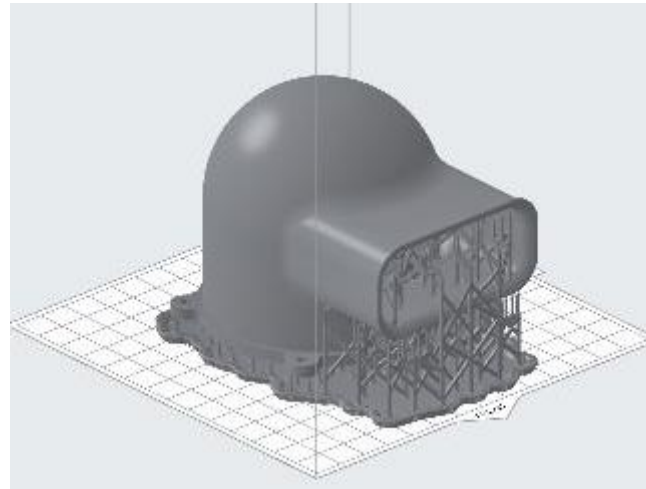
АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ



3D модель



**Подготовка 3D
модели к печати**



3D печать

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

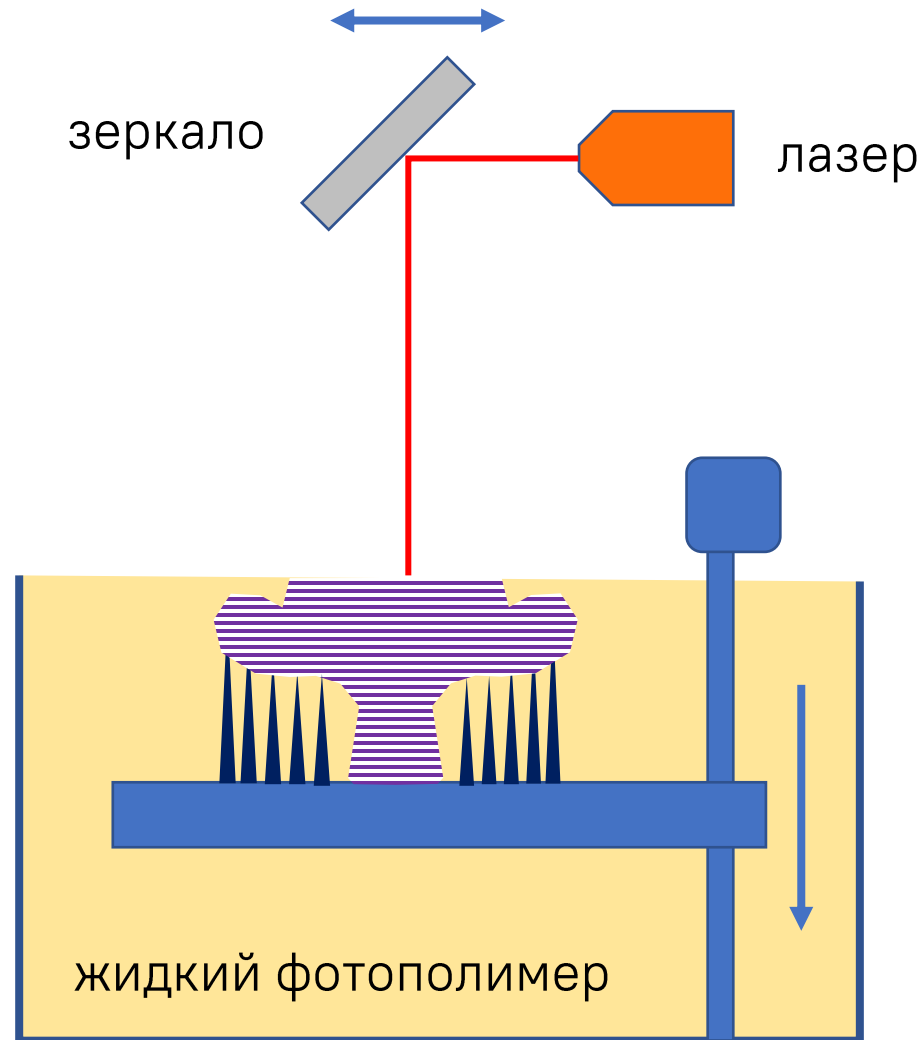


- Быстрое прототипирование
- Промышленное производство
- Масштабные модели
- Строительство
- Персонализированные медицинские импланты
- Художественные объекты и ювелирные изделия
- Генеративный дизайн

КЛАССИФИКАЦИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ASTM F2792

- Экструзия материала Material Extrusion
- Струйное нанесение материала Material Jetting
- Струйное нанесение связующего Binder Jetting
- Ламинация Sheet Lamination
- Фотополимеризация Vat Photopolymerization
- Синтез на подложке Powder Bed Fusion
- Наплавление Directed Energy Deposition

Конструкция 1984



Достоинства: высокая точность, качество поверхности, скорость процесса, сложная геометрия изделия, высокий уровень детализации.

Недостатки: дорогой процесс, постобработка, ограниченный выбор материалов, механические характеристики, материал деградирует.

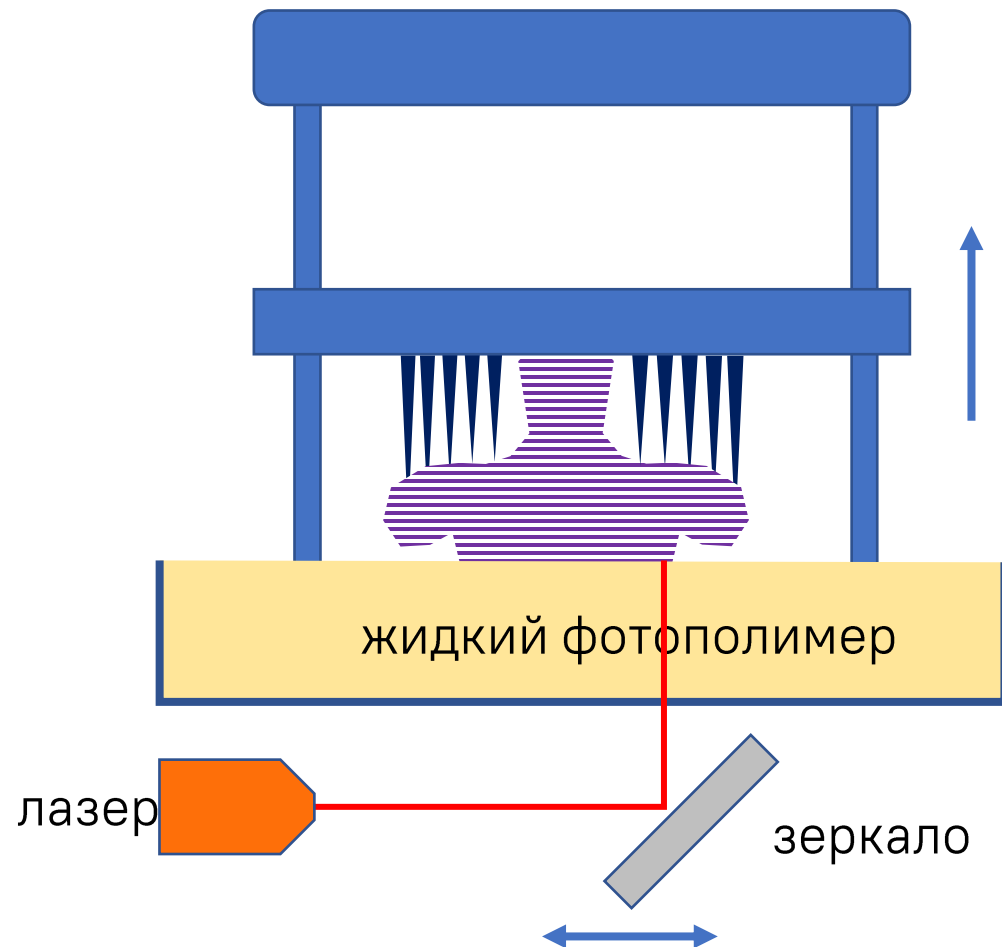
SLA/STL

stereolithography

лазерная стереолитография

Чак Халл 1984г.

Современная конструкция



Достоинства: высокая точность, качество поверхности, скорость процесса, сложная геометрия изделия, высокий уровень детализации.

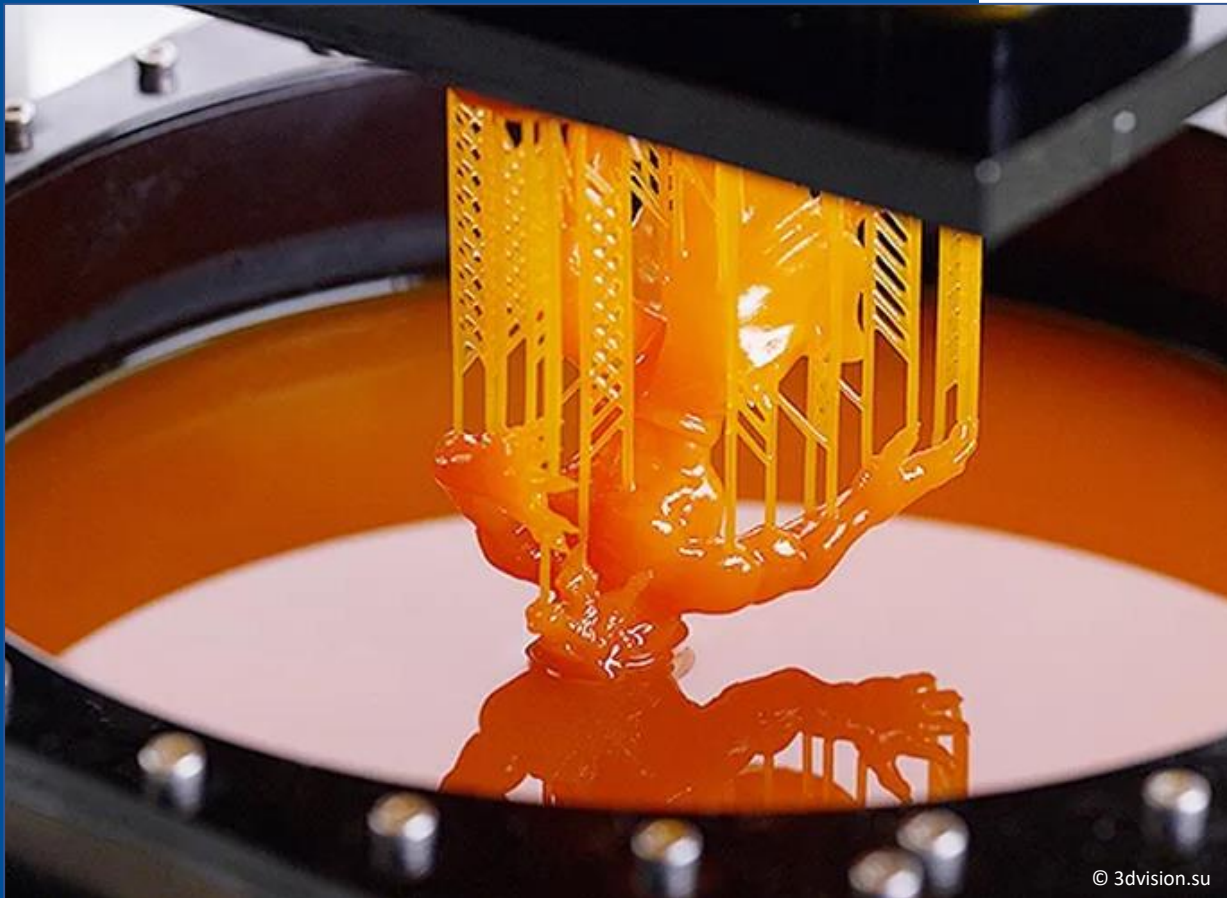
Недостатки: дорогой процесс, постобработка, ограниченный выбор материалов, механические характеристики, деградация материала.

SLA/STL

stereolithography

лазерная стереолитография

Чак Халл 1984г.



Достоинства: высокая точность, качество поверхности, скорость процесса, сложная геометрия изделия, высокий уровень детализации.

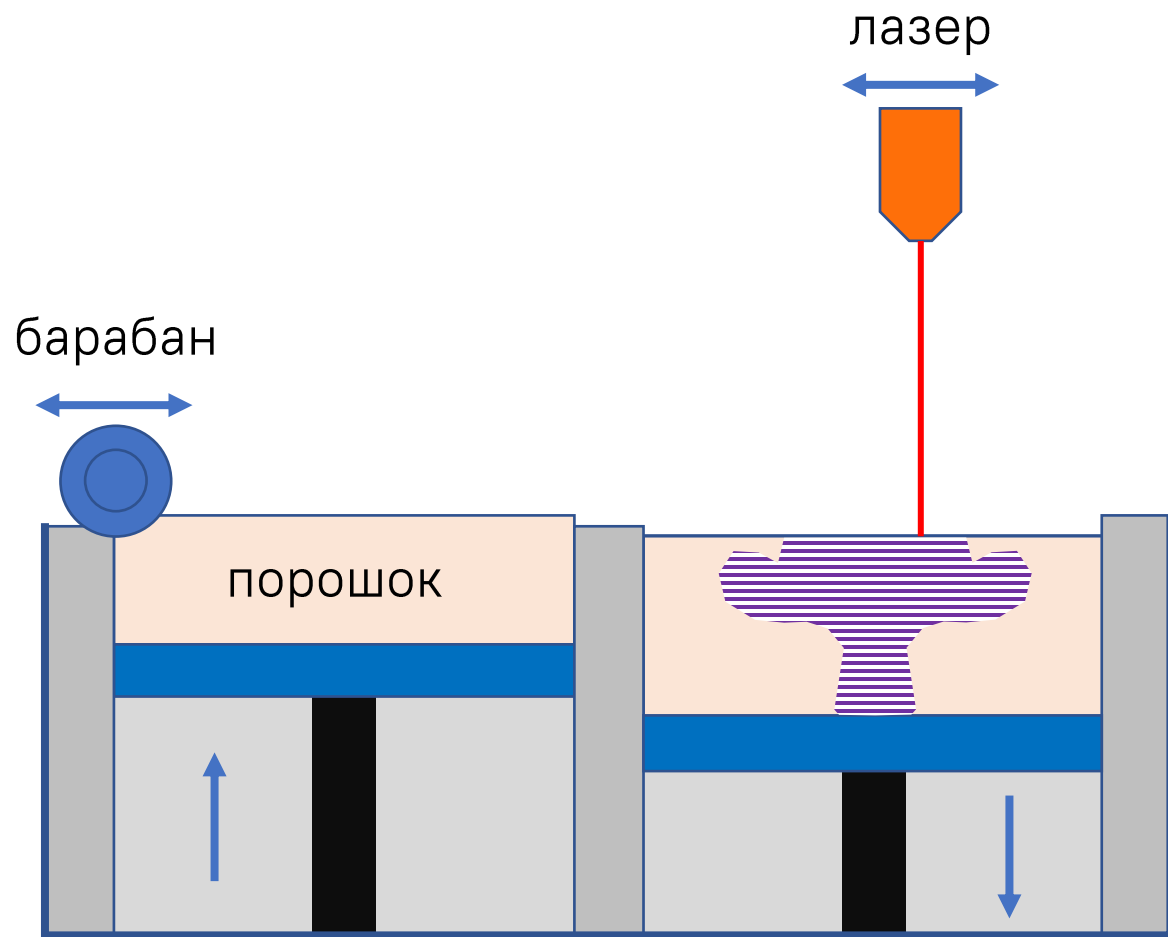
Недостатки: дорогой процесс, постобработка, ограниченный выбор материалов, механические характеристики, материал деградирует.

SLA/STL

stereolithography

лазерная стереолитография

Чак Халл 1984г.



Достоинства: отсутствие поддержек, функциональные изделия, механические свойства, сложная геометрия изделия, большой выбор материалов

Недостатки: невысокая скорость, внутренняя пористость, усадка, постобработка, ограничения по размеру, энергозатраты

SLS

selective laser sintering

селективное лазерное спекание

Карл Декард 1987г.



Достоинства: отсутствует поддержка, функциональные изделия, механические свойства, сложная геометрия изделия, большой выбор материалов

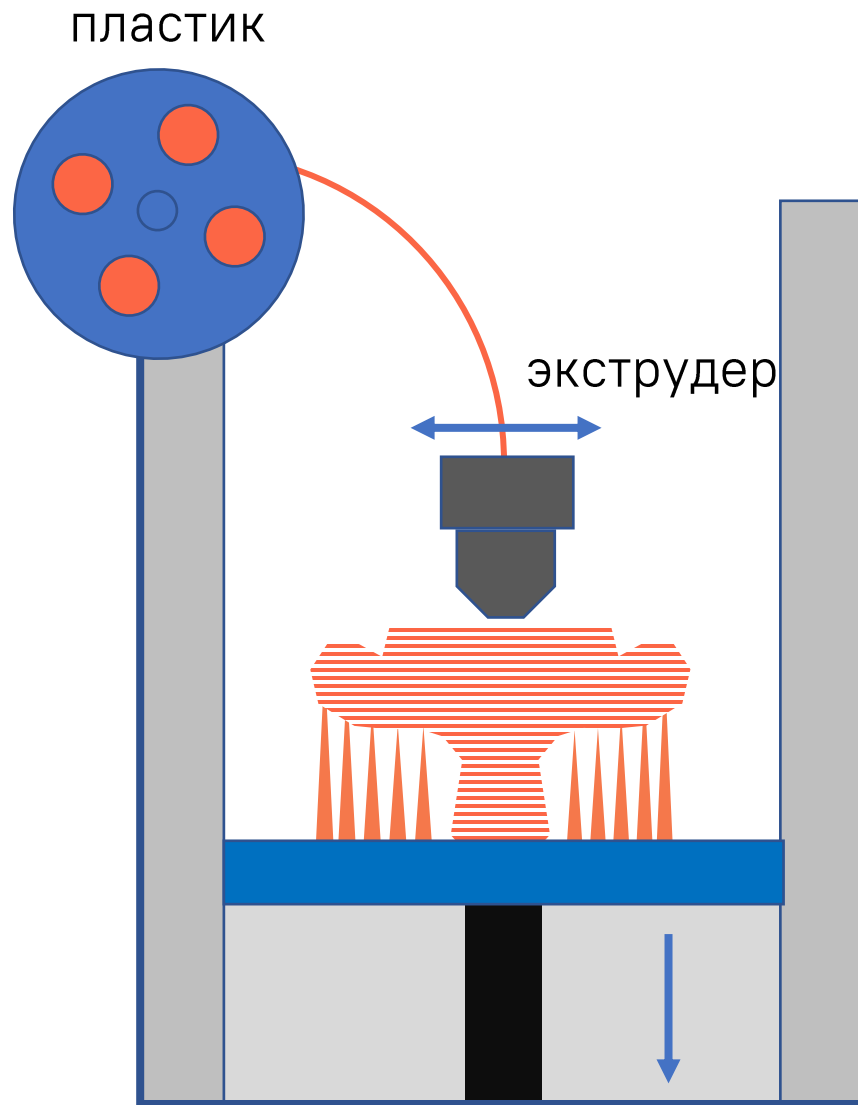
Недостатки: невысокая скорость, внутренняя пористость, усадка, постобработка, ограничения по размеру, энергозатраты

SLS

selective laser sintering

селективное лазерное спекание

Карл Декард 1987г.

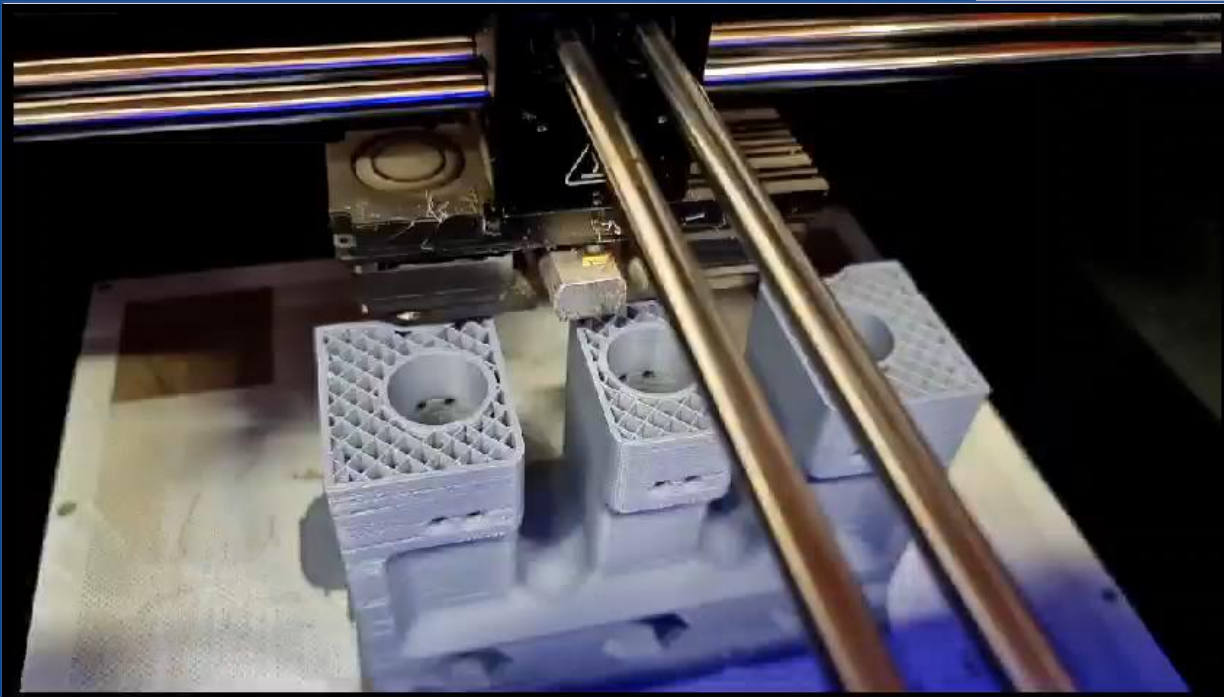


Достоинства: недорогой процесс, большой выбор материалов, сложная геометрия, комбинирование материалов, многоцветная печать.

Недостатки: низкая точность, грубая поверхность, поддержки, низкая скорость, анизотропия, низкая детализация, высокие энергозатраты, необходимость постобработки.

FDM

fused deposition modeling
послойное наплавление
Стивен Крамп 1988г.



Достоинства: недорогой процесс, большой выбор материалов, сложная геометрия, комбинирование материалов, многоцветная печать.

Недостатки: низкая точность, грубая поверхность, поддержка, низкая скорость, анизотропия, низкая детализация, высокие энергозатраты.

FDM

fused deposition modeling
послойное наплавление
Стивен Крамп 1988г.

ПОСТОБРАБОТКА



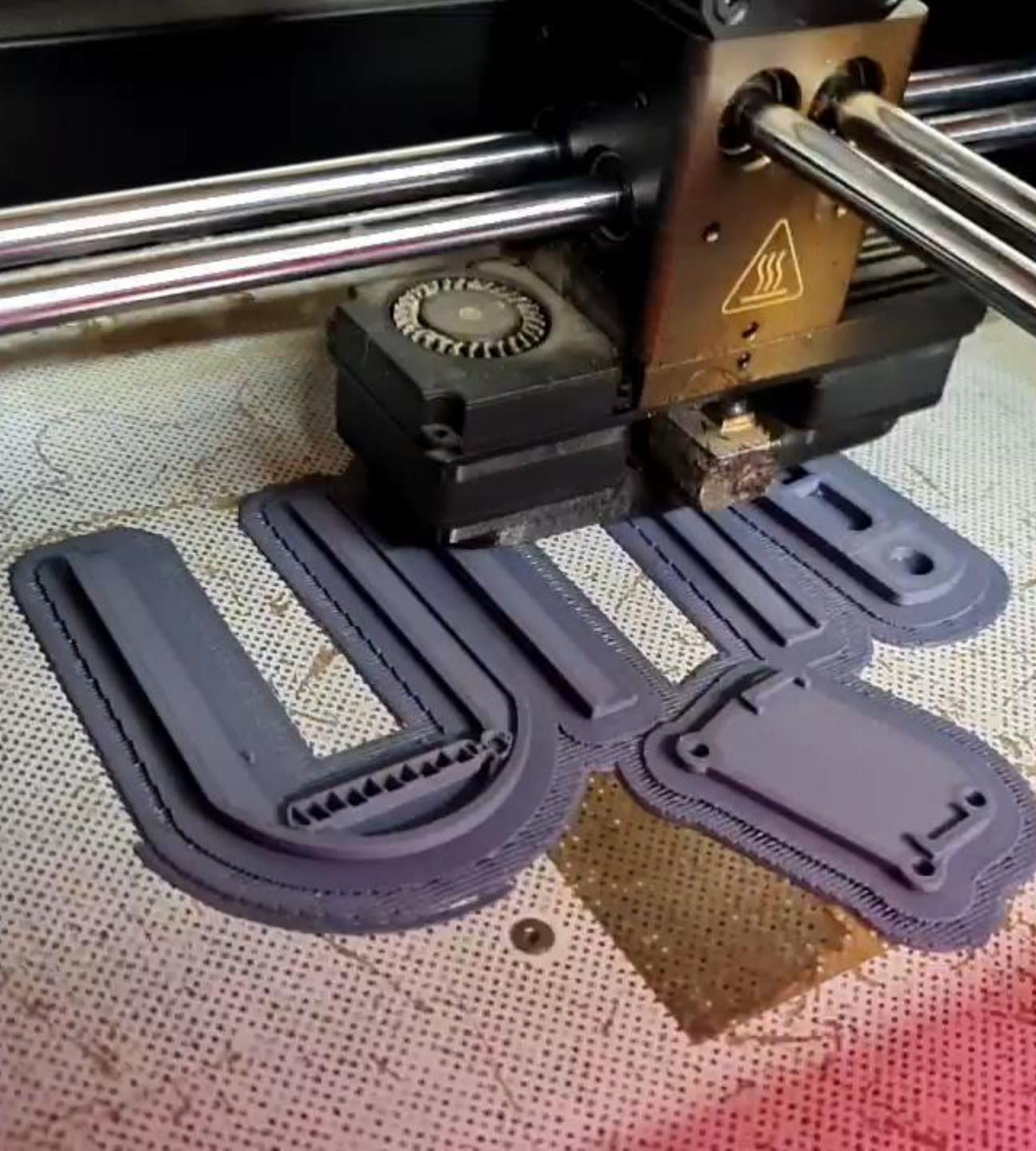
- Выдержка для окончательного отверждения
- Химическая обработка
- Удаление поддержек и других элементов
- Механическая обработка посадочных мест
- Склеивание крупногабаритных деталей
- Финишная доводка поверхности

ПОСТОБРАБОТКА



05

АКТУАЛЬНОСТЬ И ВОСТРЕБОВАННОСТЬ





Обратный инжиниринг и аддитивные технологии являются факторами 4 технологической революции наравне с искусственным интеллектом.

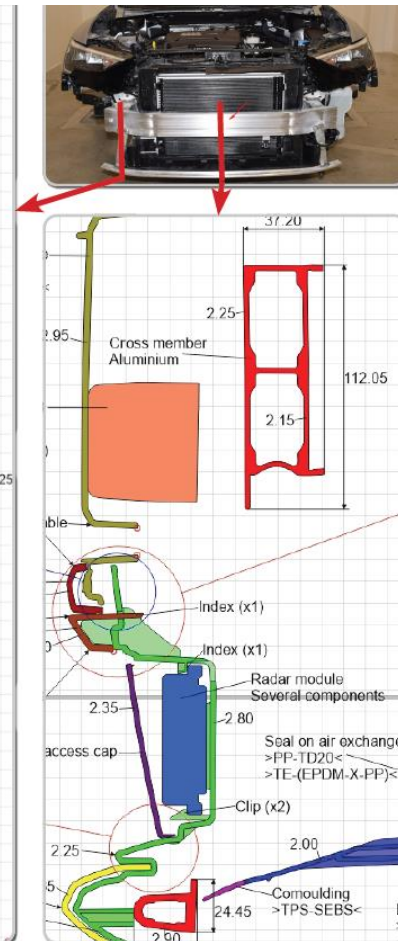
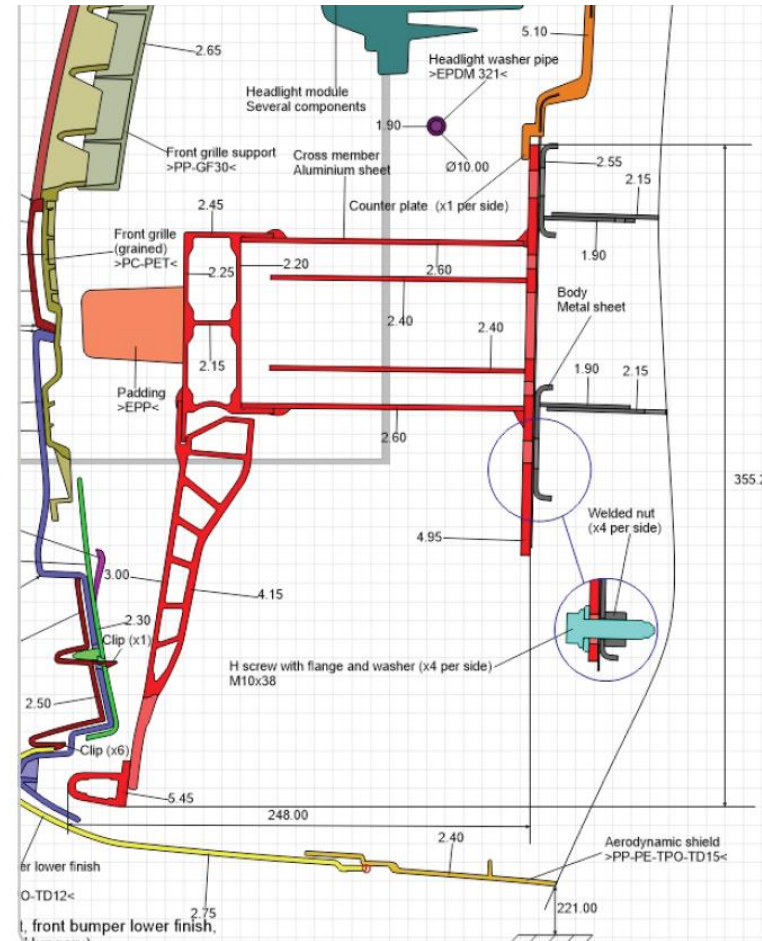
3Д печать в состоянии изменить в будущем цепочку поставок, когда производство будет локализовано в любом месте:

- Печать органов
- 4Д печать и технологии
- Защита прав и интеллектуальной собственности

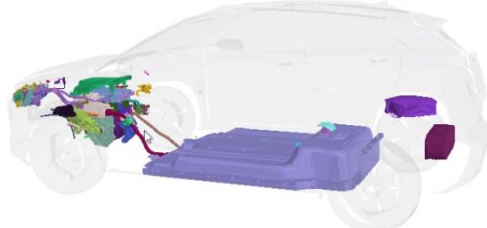
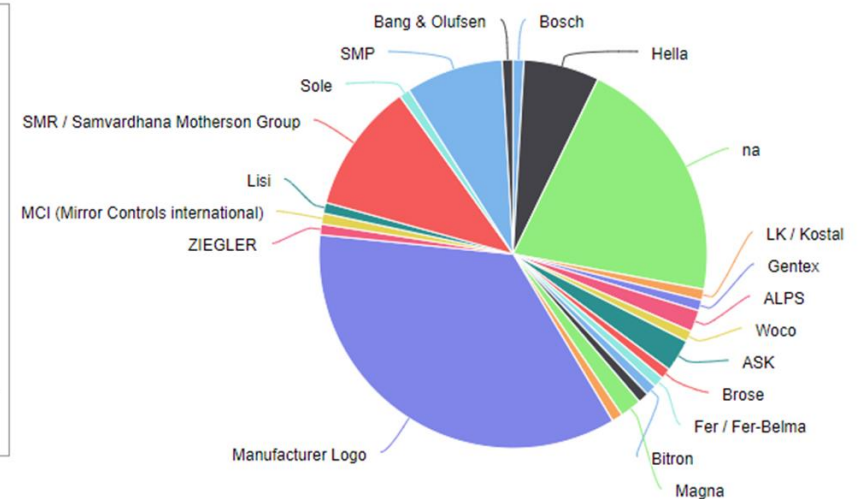
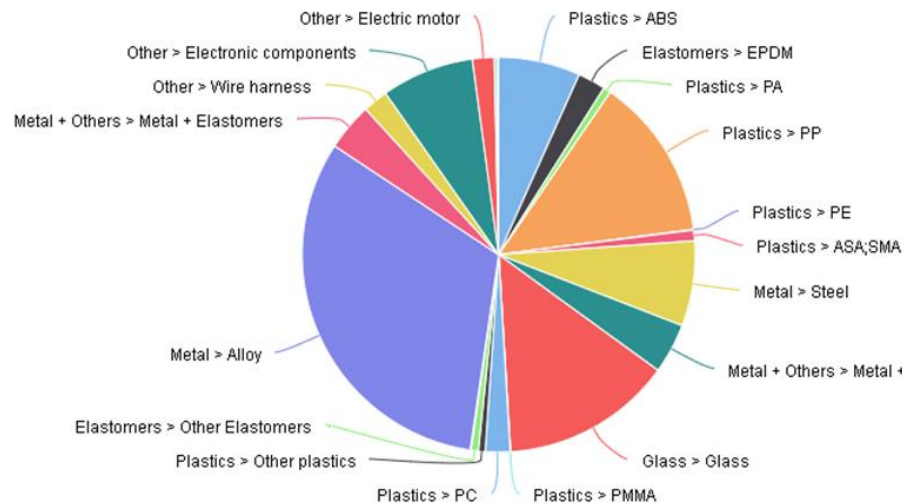
ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА И ИЗУЧЕНИЕ АНАЛОГОВ

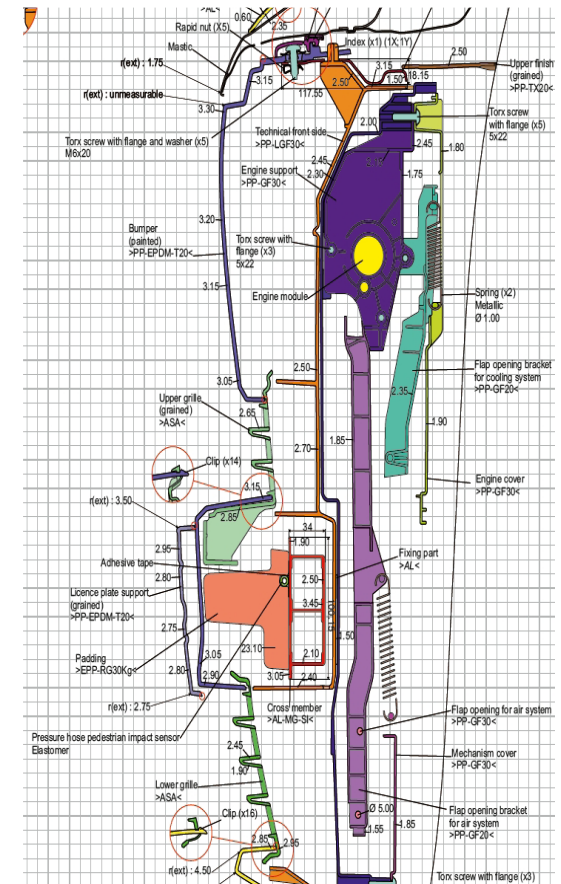
Front Bumper > Upper Cross Member System > Upper Cross

Front	Brand	Model	Weight	Width	Height	Depth	Material	Material ref.	SAZmax1re
	Audi	Q3 4S TFSI Quattro	8.030	1240	370	235	Alloy	>Aluminum<	3485-1167
	Audi	Q3 1.4 TFSI Fashion	6.123	1235	355	252	Alloy	>Aluminum<	3485-590
	Volkswagen	T-Roc 200TSI DSG Comfort	6.310	1120	336	240	Steel	>Steel<	1007-000
	Audi	Q2 1.4 TFSI COD Design	7.369	1132	340	222	Steel	>Steel<	783-375
	Volkswagen	Golf VI 1.4 TSI Comfortline	6.355	1119	370	276	Steel	>Steel<	378-819
	Fiat	Grande Punto 1.2 Dynamico	6.404	1109	340	250	Steel	>Steel<	63-361
	Volkswagen	Golf VI 2.0 TDI DSG Highline	8.589	1118	370	278	Steel	>Steel<	368-573
	Alfa Romeo	Mito 1.4 T Elegance	6.535	1110	350	350	Steel	>Steel<	176-144
	Mini	Countryman 1.5 Cooper D All4	8.753	1094	387	260	Steel	>Steel<	273-119
	Fiat	Bravo 1.4 Dynamic	6.942	1100	349	265	Steel	>Steel<	122-343
	Renault	Scenic 1.6 dCi	11.304	1172	400	333	Steel	>Steel<	300-471
	Volkswagen	Crafter 2.0 TDI Kastenwagen	14.700	1735	517	350	Steel	>Steel<	345-377



ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА И ИЗУЧЕНИЕ АНАЛОГОВ



[illegible]

06

РЕЗУЛЬТАТ, ПЛЮСЫ, МИНУСЫ И РИСКИ



ПРОБЛЕМАТИКА ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА

- Ограниченные сведения о существующем продукте
- Разные доступные технологии оригинала и клона
- Защита от копирования
- Необходимость испытаний и валидации
- Необходимость построения всей технологической цепочки

ПРОБЛЕМАТИКА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

- Низкая производительность
- Нехватка специалистов
- Стандарты и нормы регулирования
- Валидация деталей
- Защита интеллектуальной собственности

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ VS ТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Аддитивные технологии:

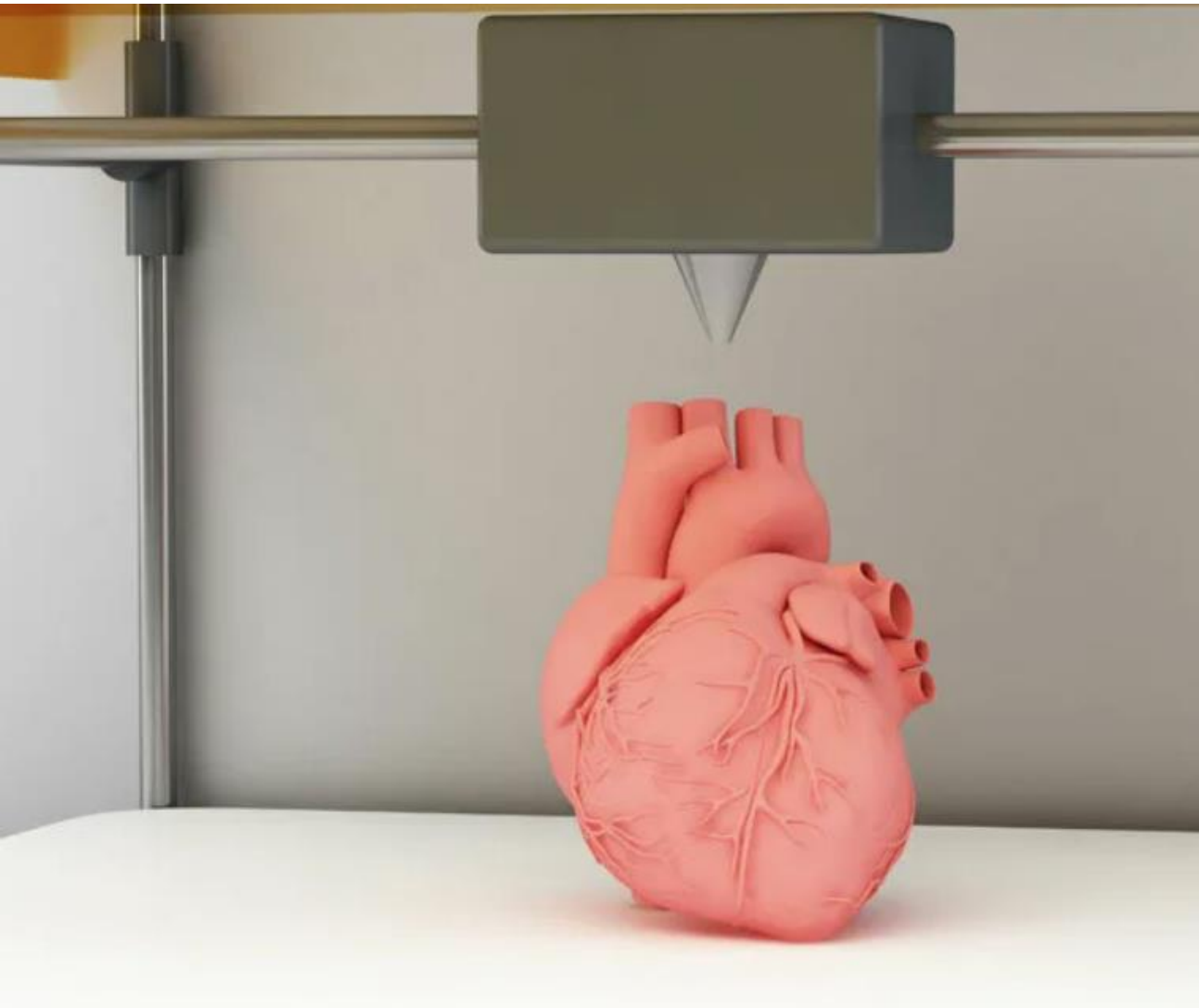
- Сложные формы
- Ограничения по размерам
- Низкая серийность
- Минимум отходов производства
- Мелкосерийное производство
- Возможности кастомизации

Традиционные технологии:

- Широкий выбор материалов
- Необходимость оснастки
- Сложное оборудование
- Отлаженный процесс
- Массовое производство
- Подготовленные специалисты

07

ЧТО ДАЛЬШЕ?

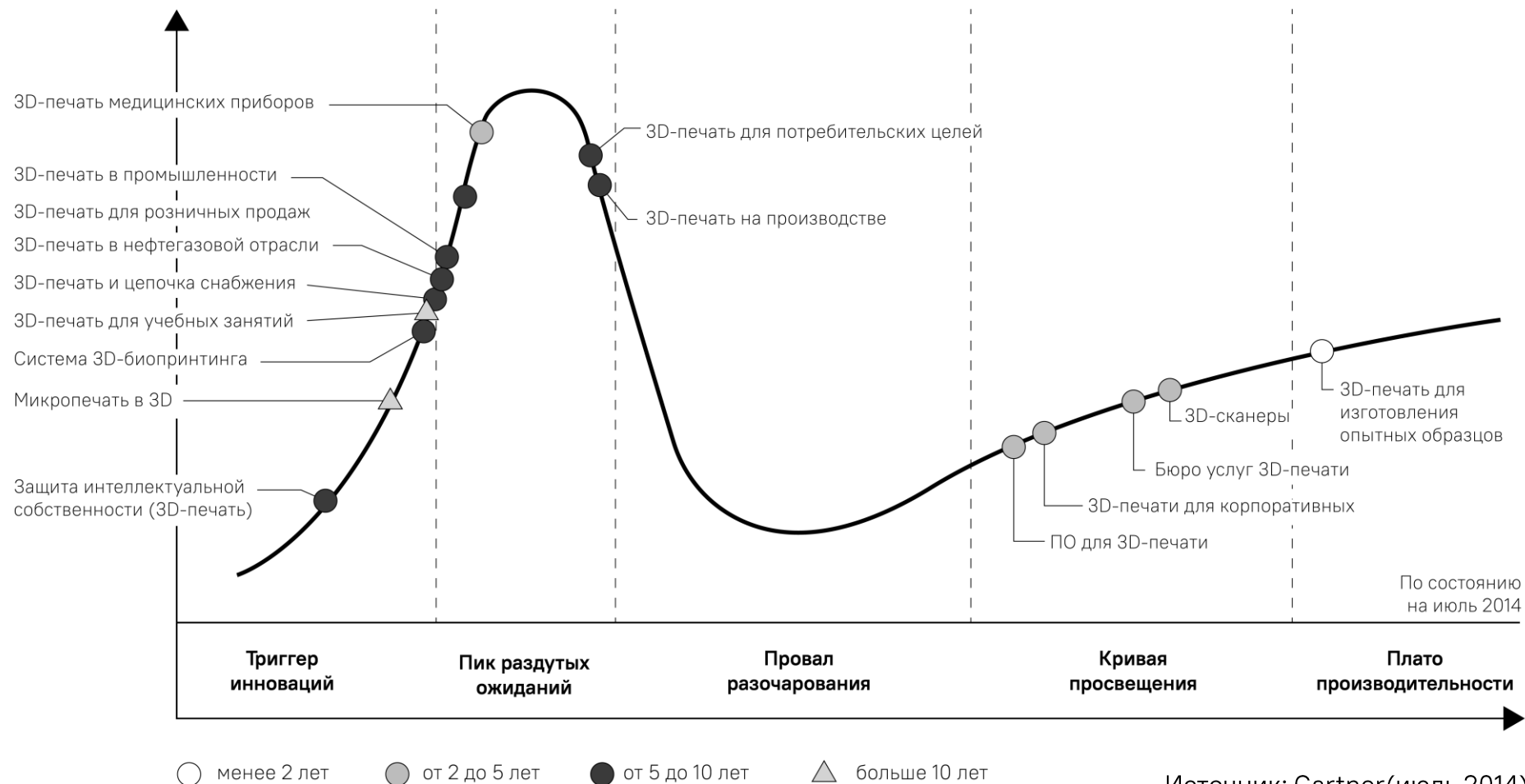


ТРЕНДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТ



- Новые материалы и их комбинации
- Увеличение размеров деталей и производительности
- Улучшение точности и качества поверхности
- Интеграция с другими производственными процессами
- Биопечать в медицине

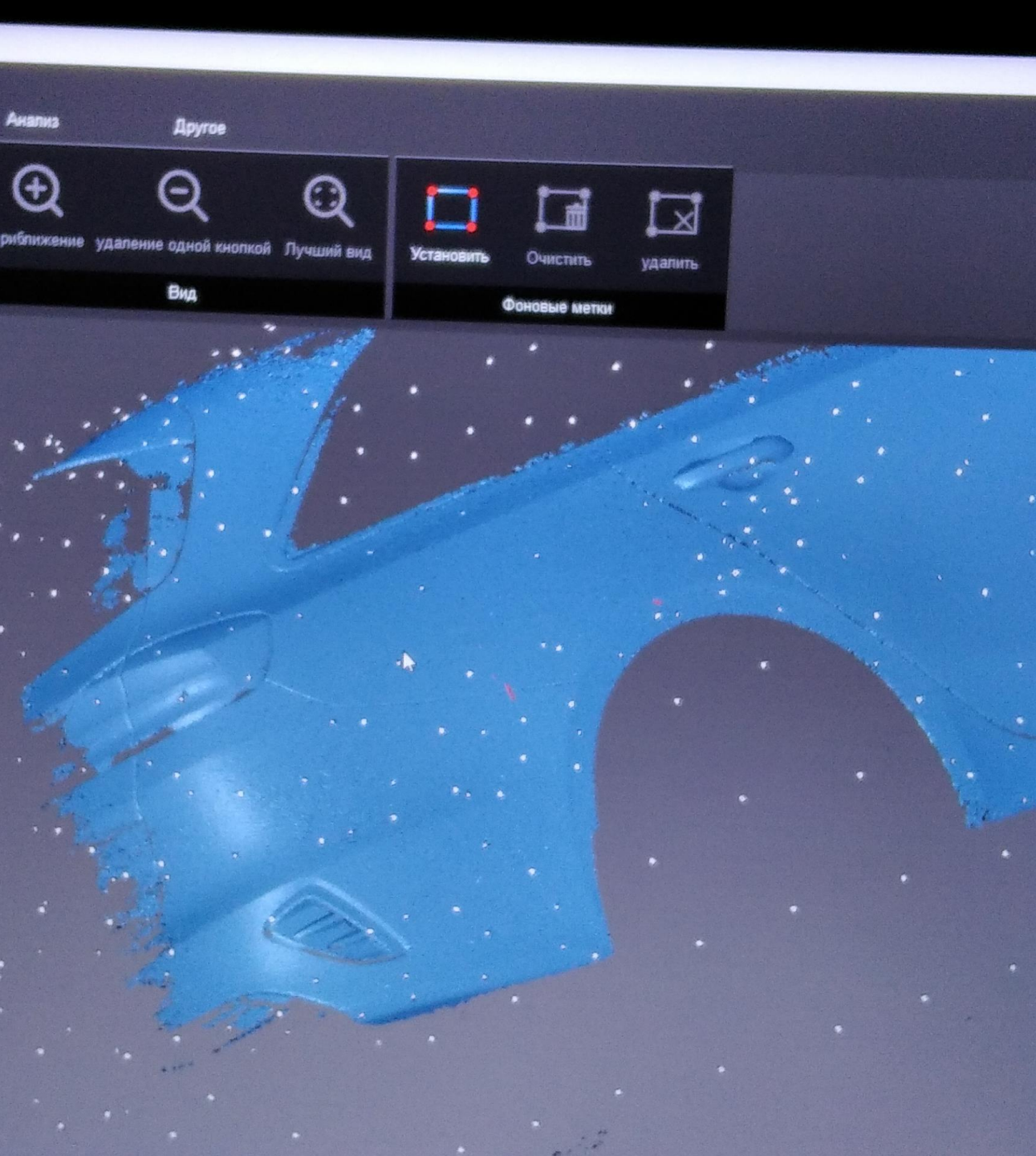
ТРЕНДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТ



Источник: Gartner(июль 2014)

08

ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ КАК ДРАЙВЕР НАКОПЛЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НЕЗАВИСИМОСТЬ

- Обратный инжиниринг: способ достижения технологического суверенитета
- Эффективный способ ускорить развитие малоконкурентных областей
- Увеличить адаптацию сложных изделий под требования локального рынка

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!