



Серийное аддитивное производство.  
Опыт внедрения отечественного  
программного обеспечения и оборудования

Рипецкий Андрей Владимирович,  
к.т.н., доцент



# Эволюция вещей



1853



1950

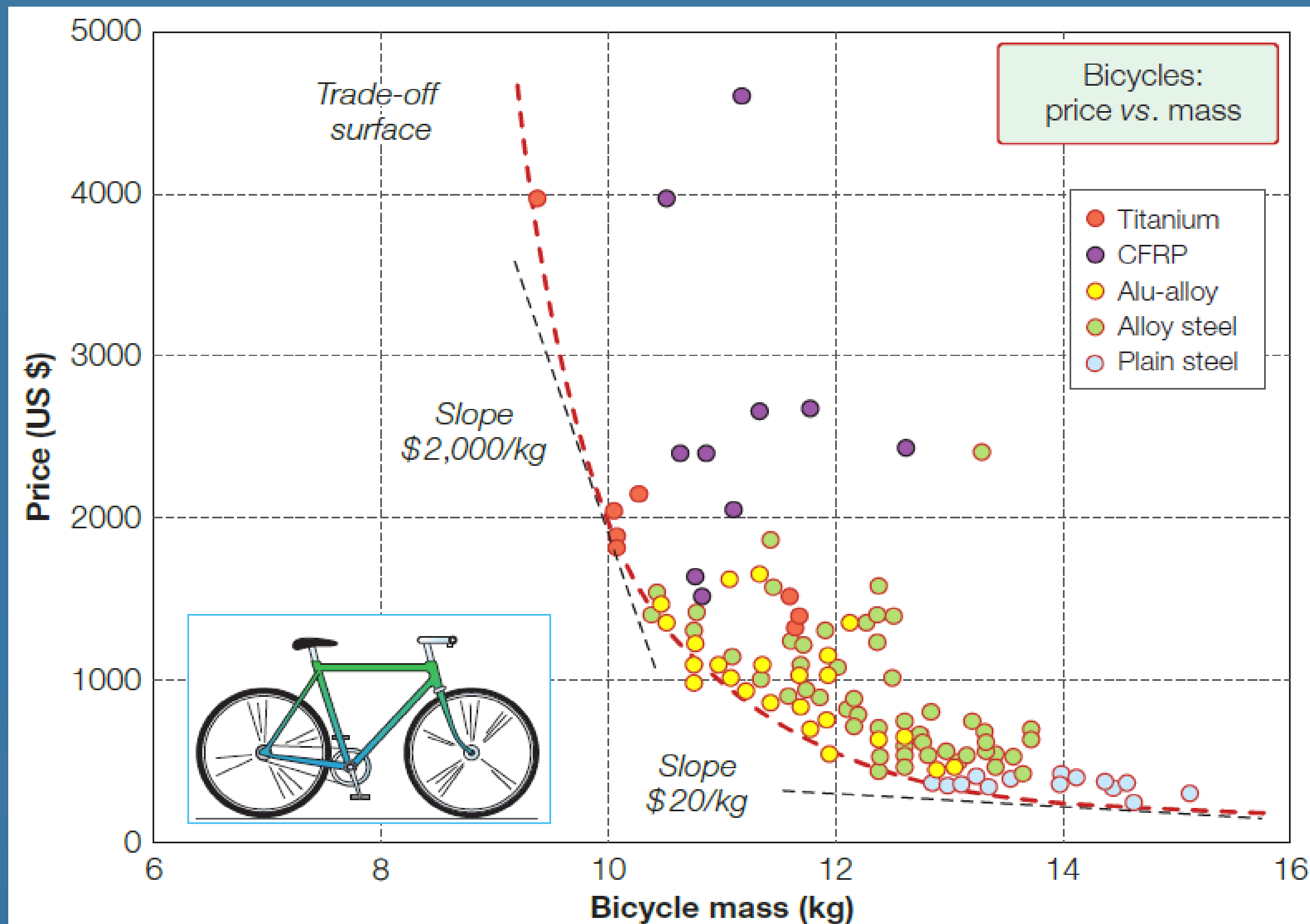


2000





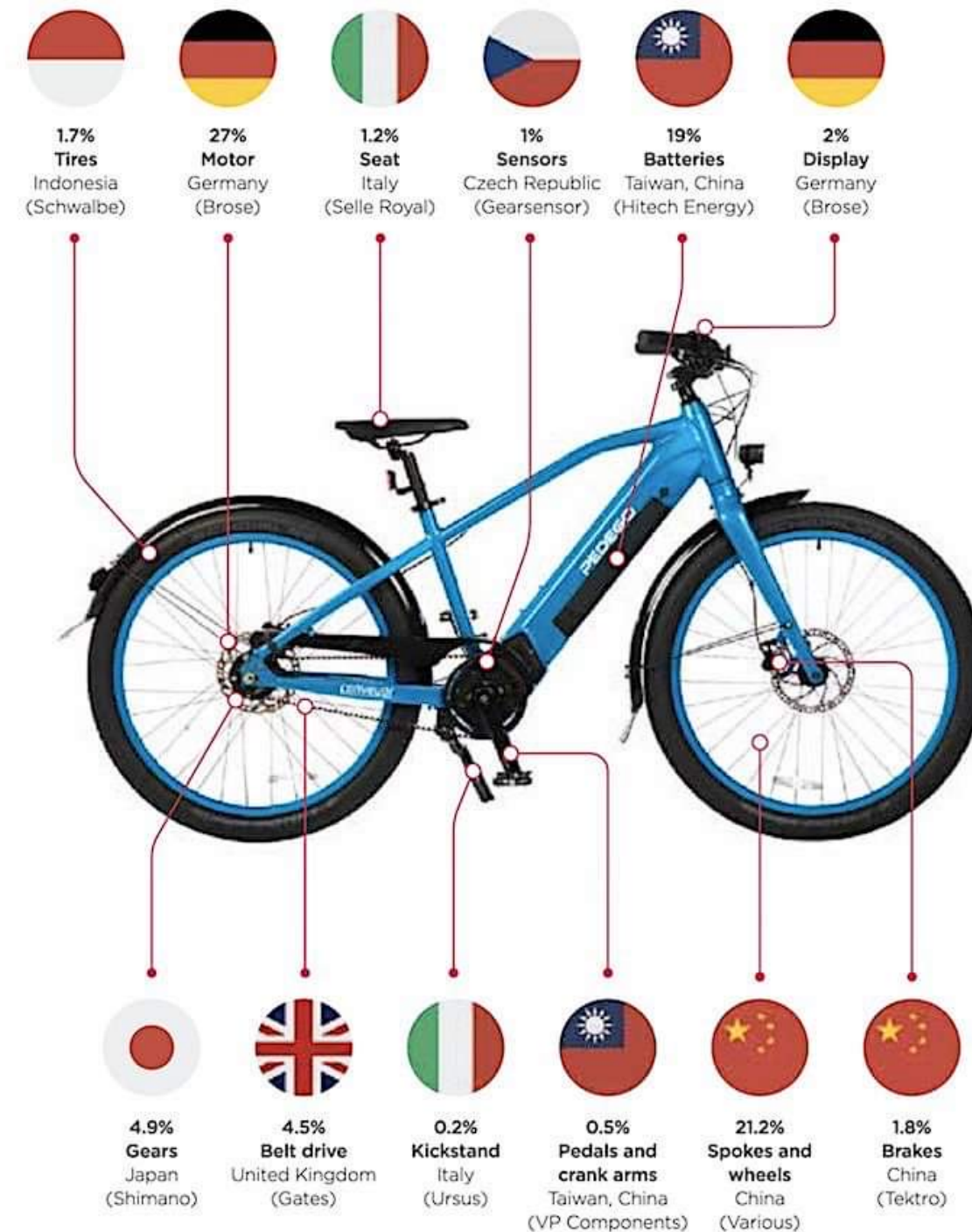
# Пример. Эволюция велосипеда





# Пример 1. Эволюция велосипеда

Figure 5.1 The complexity of producing the Pedego Conveyor electric commuter bike in Vietnam with parts from all over the world



Source: Frothingham 2018.

Note: Diagram shows the percent of total value added from each component.



# Пример. Эволюция велосипеда Применение АТ



Источник: <https://www.dailymail.co.uk/>



# Пример. Эволюция велосипеда Применение АТ



Источник: <https://www.dailymail.co.uk/>



# Установки SLM/LPBF 2004-2009 г.

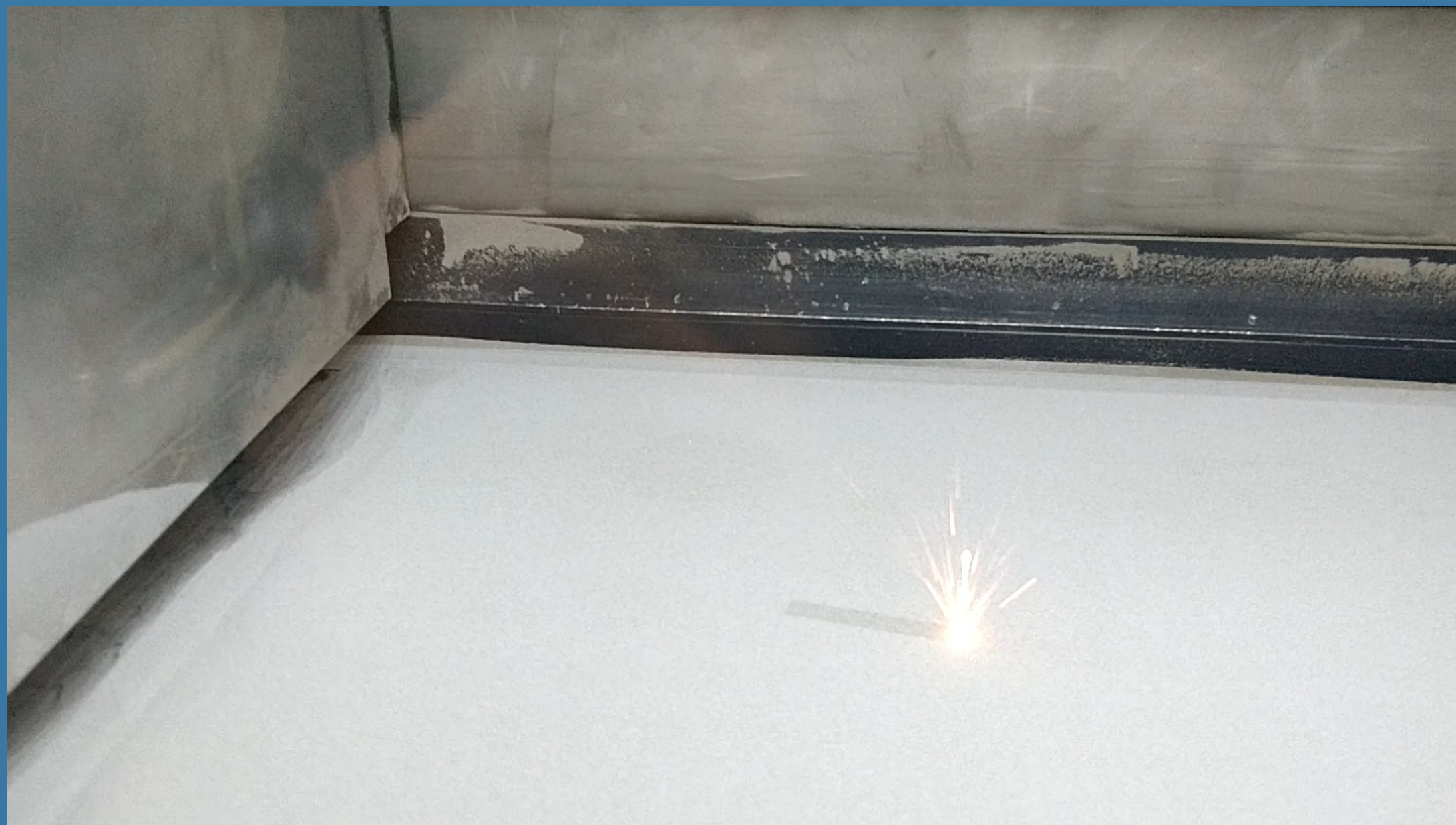


Габариты камеры:  
250x250x215мм

1 лазер – 200 Вт



# Установки SLM/LPBF EOS M270/280 (2009 г.в.)





# Установки SLM/LPBF 2018-2020 г.



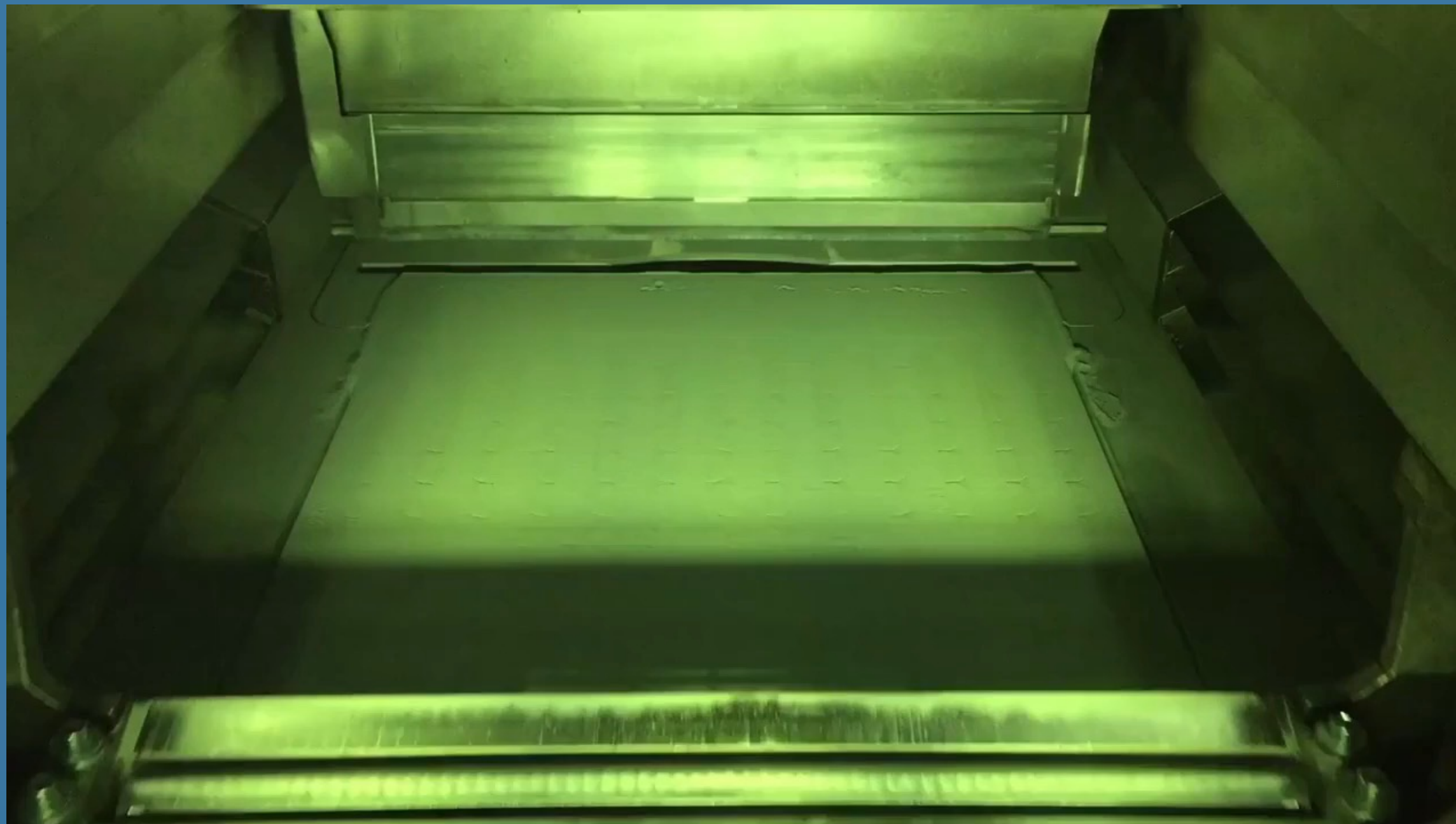
Габариты камеры:  
400x400x400мм

4 лазера по 400 Вт

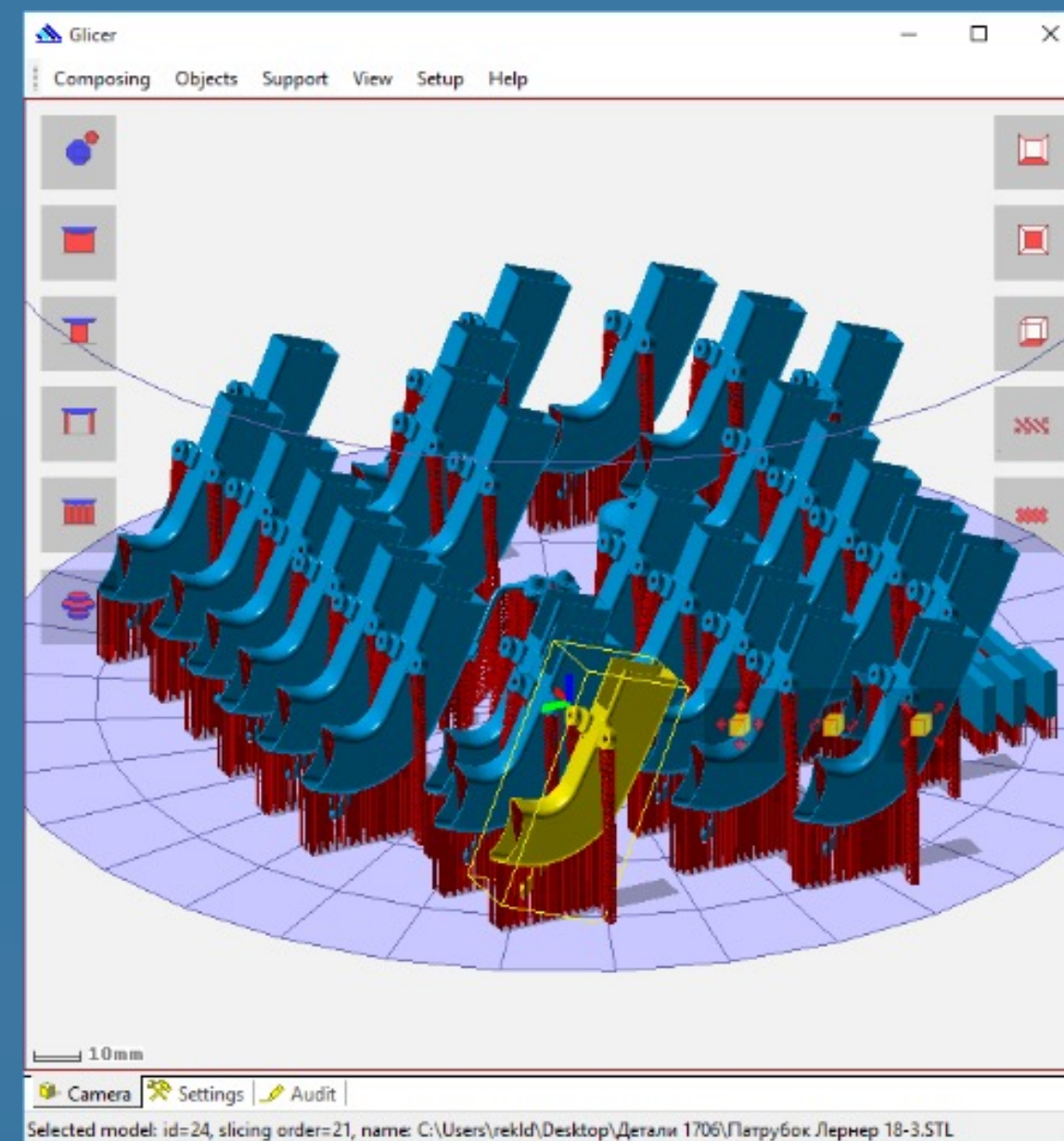
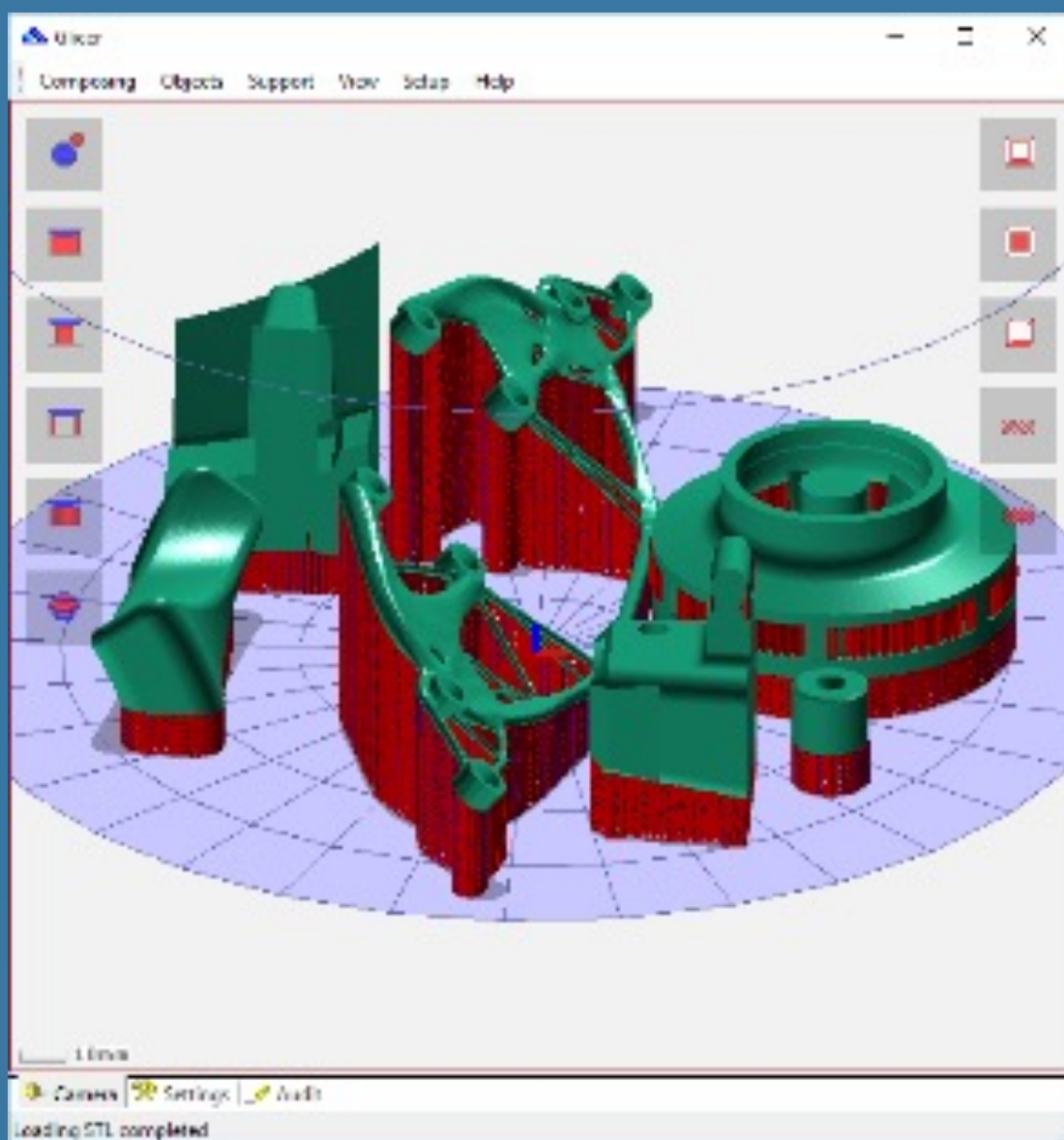
До 100 см<sup>3</sup>/час

Информация [www.eos.info](http://www.eos.info)

# Установки SLM/LPBF EOS M400-4



# Опытное и серийное производство



# Аддитивное производство

ПРОЕКТИРОВАНИЕ

параметрическая твердотельная модель

Расчеты.  
Аэродинамика/Прочность

Технология.  
экспериментальное производство/  
серийное производство

Экономика.  
экспериментальное производство/  
серийное производство

Расчетная оптимизация

# Аддитивное производство

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ  
ПОДГОТОВКА (SLM)

Трансляция данных/подготовка STL

Ориентация/компоновка для опытного  
производства

Ориентация/компоновка для серийного  
производства

Проектирование поддержек

Синтез (250x250мм.; 400x400мм.)

Обрезка

Постобработка

Термообработка

Контроль

# Аддитивное производство

ПРОИЗВОДСТВО

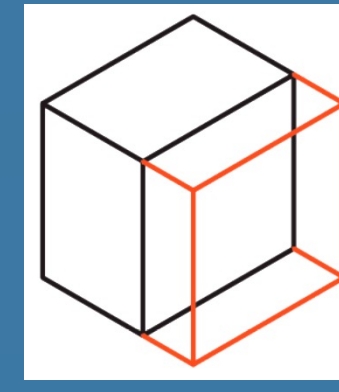
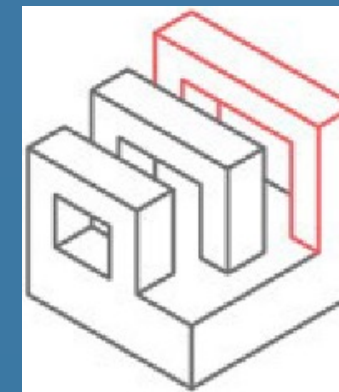
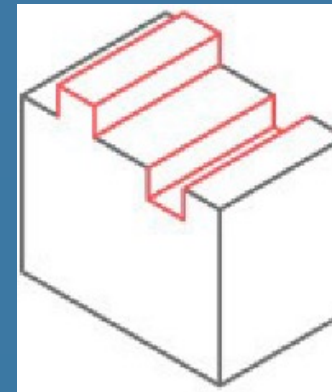
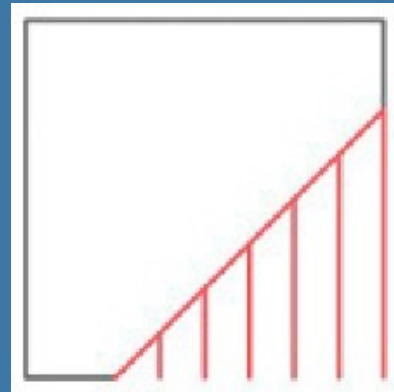
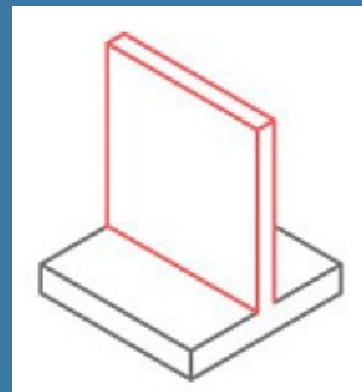
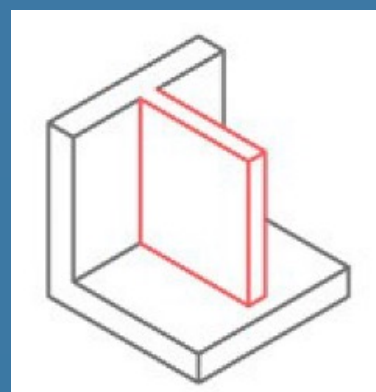
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ПРОЦЕССОВ

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

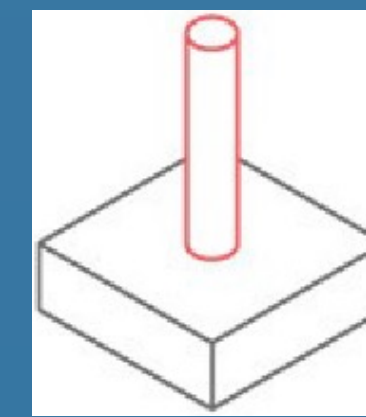
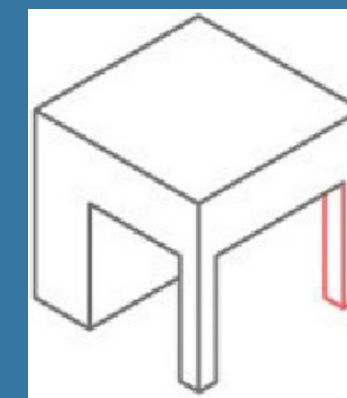
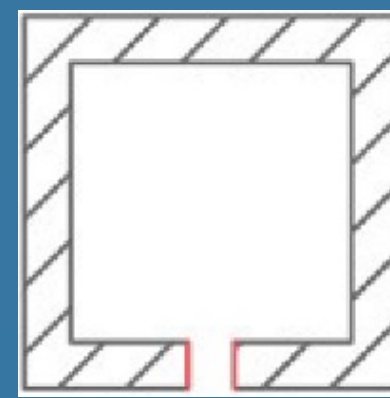
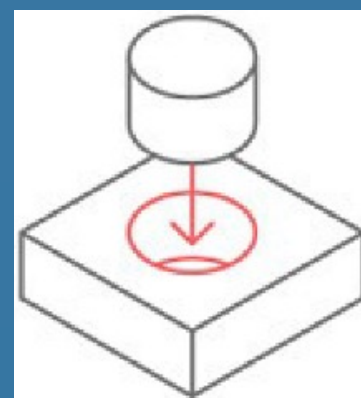
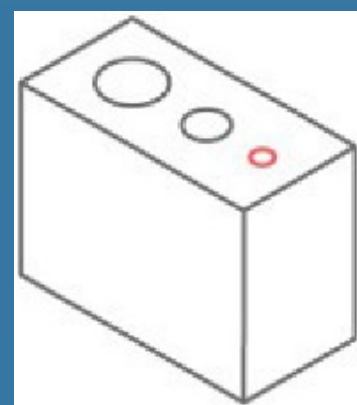
ЭКОЛОГИЯ

РЕЦИКЛИНГ МАТЕРИАЛА

ПЕРЕРАБОТКА МАТЕРИАЛА

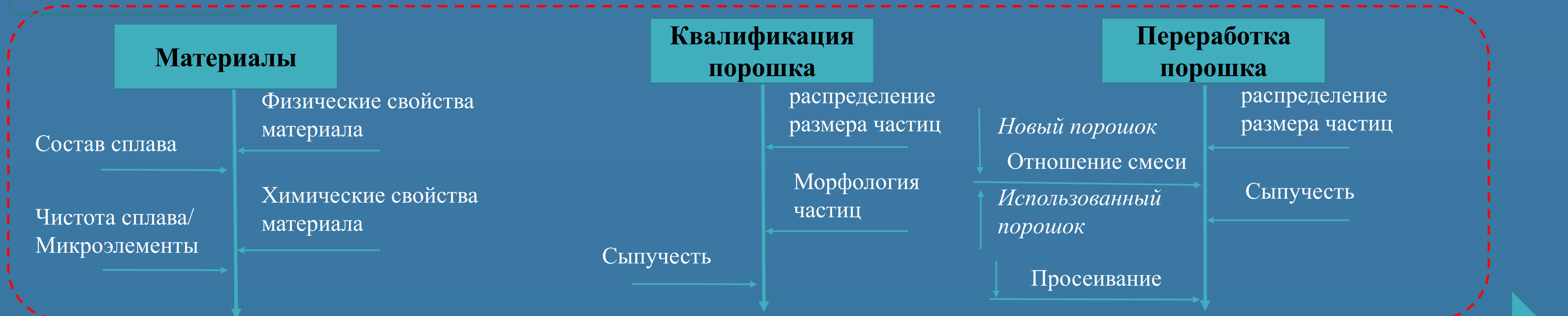


	Стенка/ ребро интегрированн ое, мм	Стенка/ Ребро, мм	Поддержка, гр.	Выступы/угл убления, мм	Горизонтальн ые мостики, Мм	Точность, Мм
<b>Печать металлами SLM/DMLS</b>	0.4	0.5	Нужны всегда	0.1 ширина 0.1 высота	2.0	+/- 0.1



	Воспроизводимые цилиндрические отверстия, мм	Соединяемые или подвижные части, мм	Отверстия для удаления материала, мм	Минимально воспроизводимые элементы, мм	Размеры воспроизводимых цилиндрических элементов, мм
<b>Печать металлами SLM/DMLS</b>	1.5	нет	5.0	0.6	1.0

# Управление качеством и сертификация в аддитивном производстве



## управление качеством в аддитивном производстве

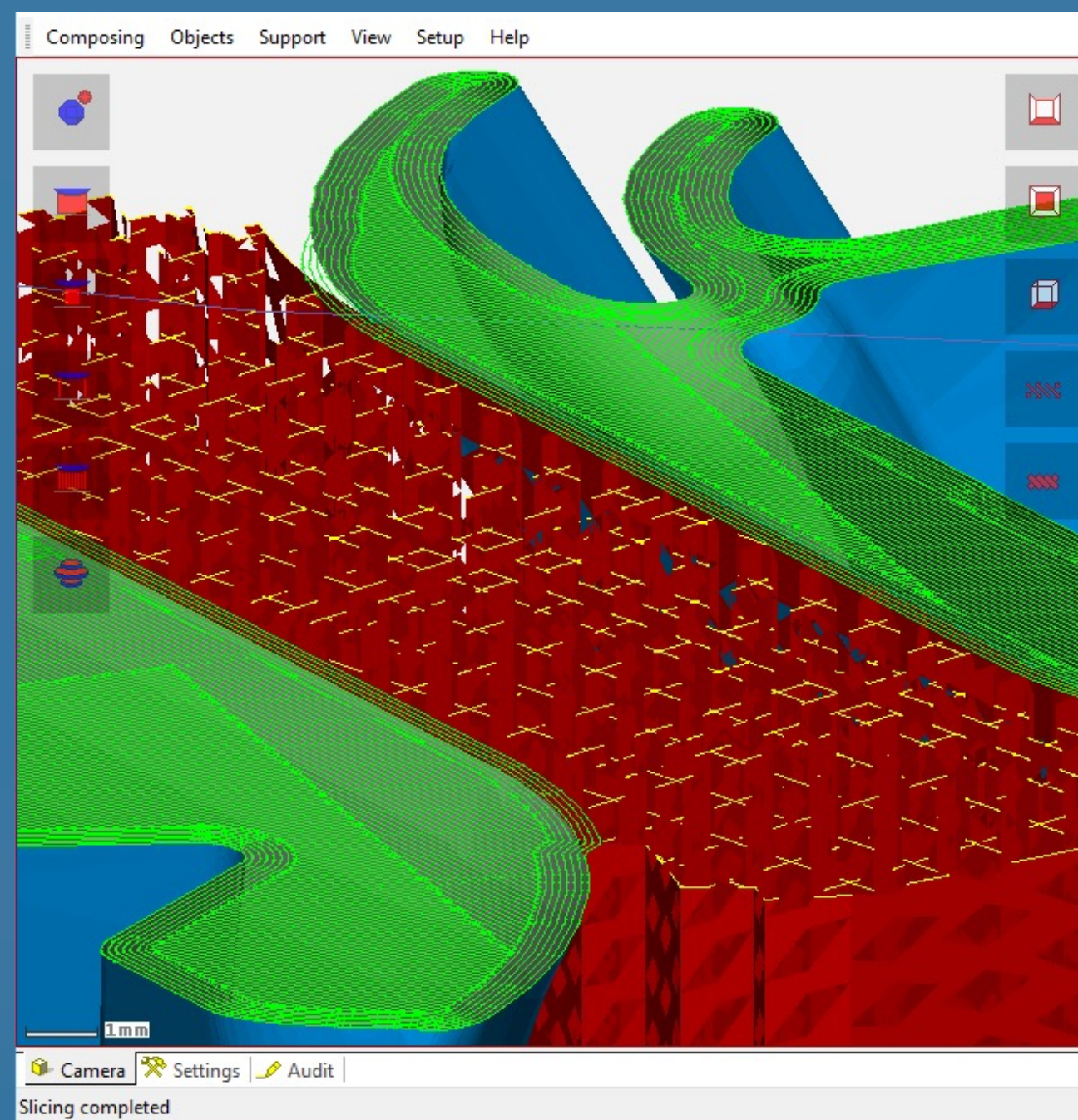
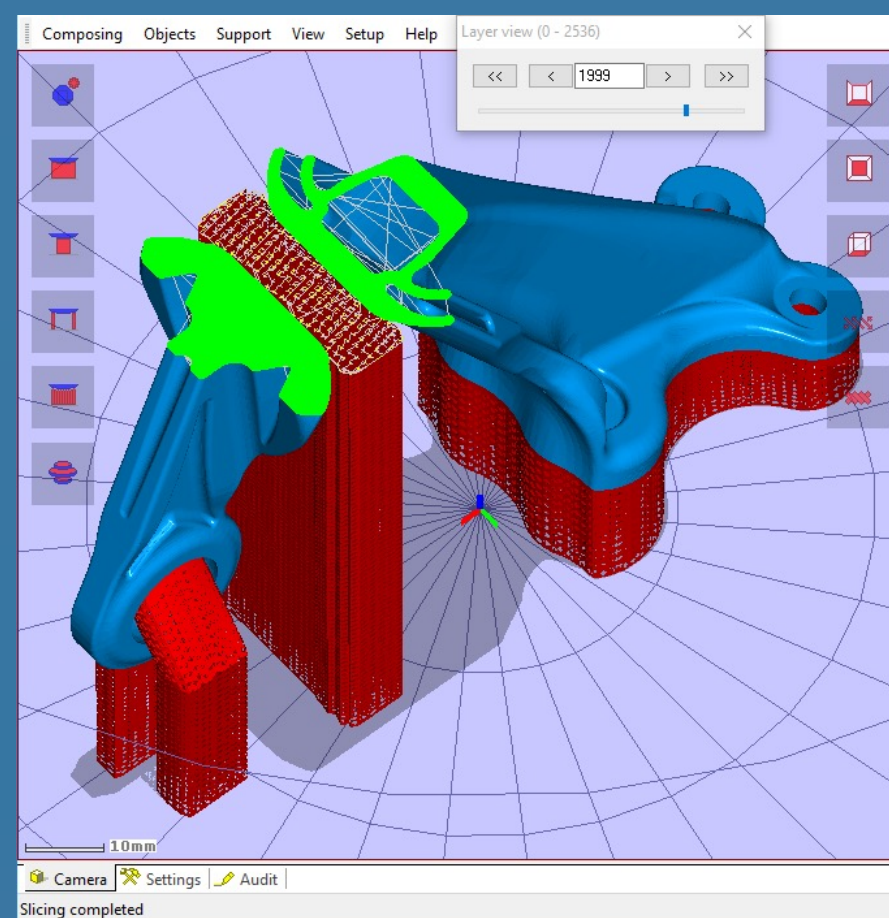
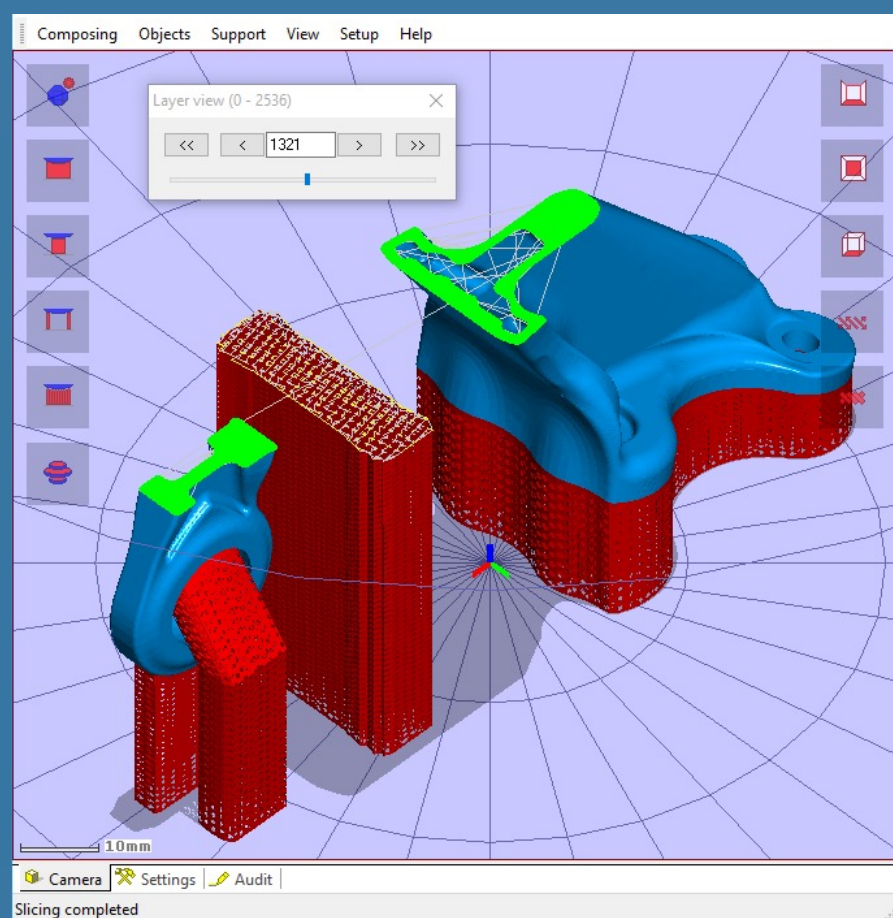




# Визуализация и вывод технологической информации и управляющих программ

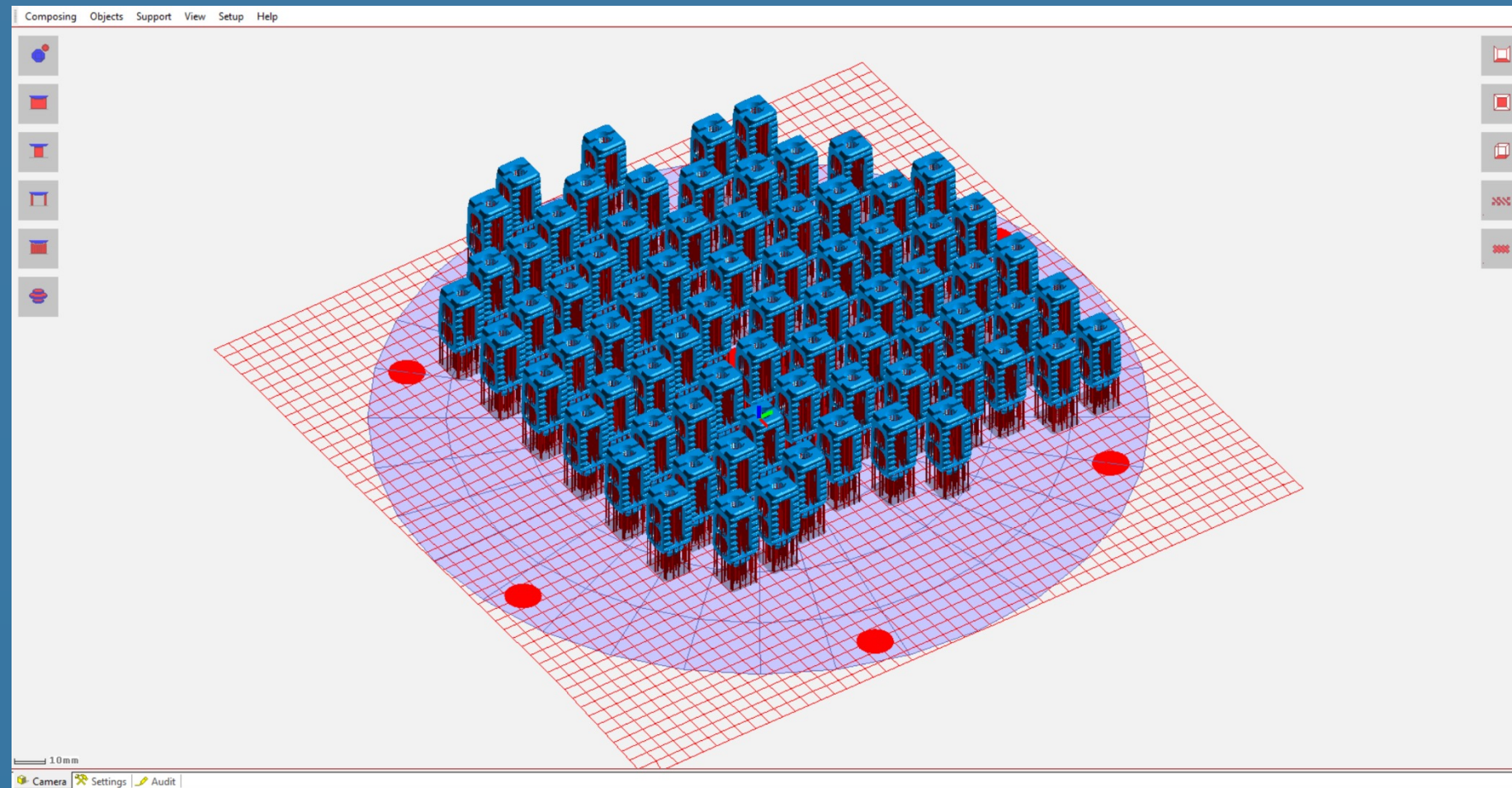
Визуализация процесса послойного синтеза

Отображение сканирования на срезах электронной модели



*Для технологий SLM*

# Серийное аддитивное производство



# Аналитическая проработка

Расчет печати для D500 с объемом построения D500x500мм и S550 с объемом построения 550x550x500мм.

Наименование 3d-принтера	Кол-во лазеров, ед.	Высота колодца построения, мм	Количество печатаемых изделий за раз, ед.	Время 3d-печати*, ч	Общее время изготовления**, ч	Время изготовления корпуса, ч.	Время изготовления всего изделия***, ч
AddSol D500	1	500	1	20,6	29,6	8	38,6
AddSol D500	1	500	20	412	478	160	658
AddSol D500-2	2	500	20	242,8	308,8	160	488,8
AddSol D500-4	4	500	20	125,1	191,1	160	371,1
AddSol S550	1	500	50	1030	1137	400	1587
AddSol S550-2	2	500	50	605,8	712,8	400	1162,8
AddSol S550-4	4	500	50	312,1	419,1	400	869,1

\* прирост производительности 2-лазерных 3d-принтеров равен 1,7 раза, 4-лазерных 3d-принтеров равен 3,3 раза. Прирост имеет нелинейную зависимость, т.к. скорость нанесения порошка (холостой ход) остаётся постоянной величиной, несмотря на изменение количества лазеров.

\*\* Без учета изготовления корпуса. Корпус изготавливается 8н.ч.

\*\*\* Без распараллеливания процессов.

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



Андрей Рипецкий  
a.ripetskiy@mail.ru  
+7 (926) 5517333