



Южно-Уральский  
государственный  
университет

Национальный  
исследовательский  
университет

Тема ВКР: «Исследование погрешностей реверсивного проектирования с использованием 3D-сканера»

Автор: Каримов Кирилл Артемович КЭ-415

Научный руководитель: ст. преподаватель  
Пашнин Сергей Владимирович.

# Цель и задачи

**Цель ВКР:** Исследование погрешностей реверсивного проектирования с использованием 3D-сканера.

## Задачи:

1. Произвести аналитический обзор существующих 3D-сканеров и их методов сканирования и выбрать наиболее подходящий для исследования погрешностей реверсивного проектирования.
2. Сборка и калибровка 3D-сканера BQ Ciclop и RangeVision NEO.
3. Сканирование и постобработка моделей, полученных с помощью двух сканеров.
4. Сравнение результатов измерения изготовленных деталей и вывод по исследованию.

# Контактные 3D-сканеры

КИМ (coordinate measuring machine – координатно-измерительные машины).

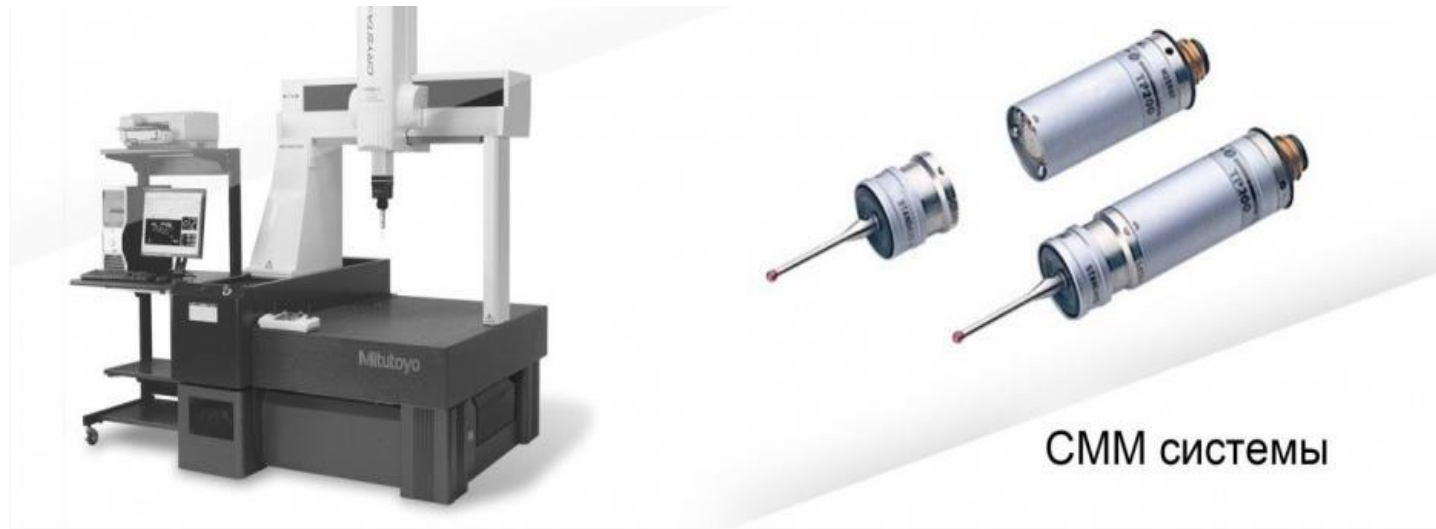
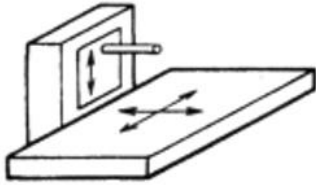
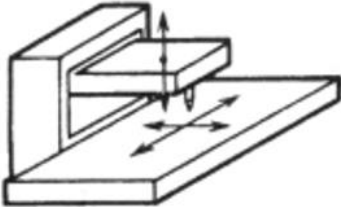
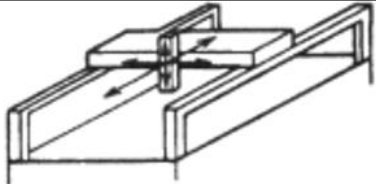
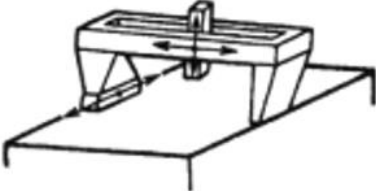


Рисунок 1 – Контактный 3D-сканер

Сканирование осуществляется соприкосновением. Щуп, обладающий высокой чувствительностью, медленно подводится к исследуемому объекту.

# Контактные 3D-сканеры

Тип	Схема
Горизонтальная	
Вертикальная	
Мостовая	
Портальная	

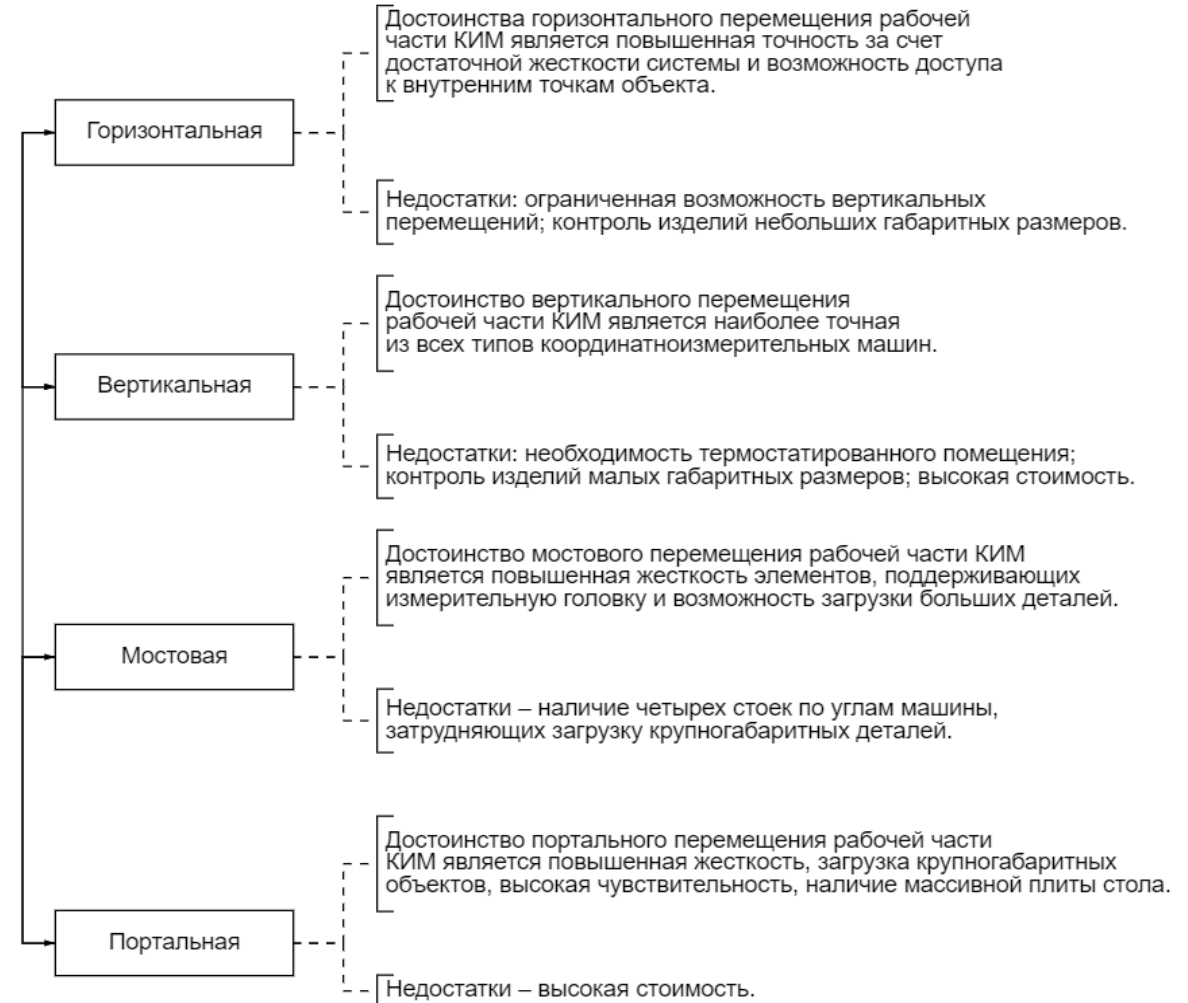


Рисунок 2 – Характеристика и схема типов машин

# Бесконтактные 3D-сканеры

Времяпролётный лазерный 3D-сканер – это активный сканер, который использует лазерный луч или лазерную точку, чтобы исследовать объект. Принцип действия такого дальномера основан на измерении расстояния от лазера до поверхности объекта за единицу времени.

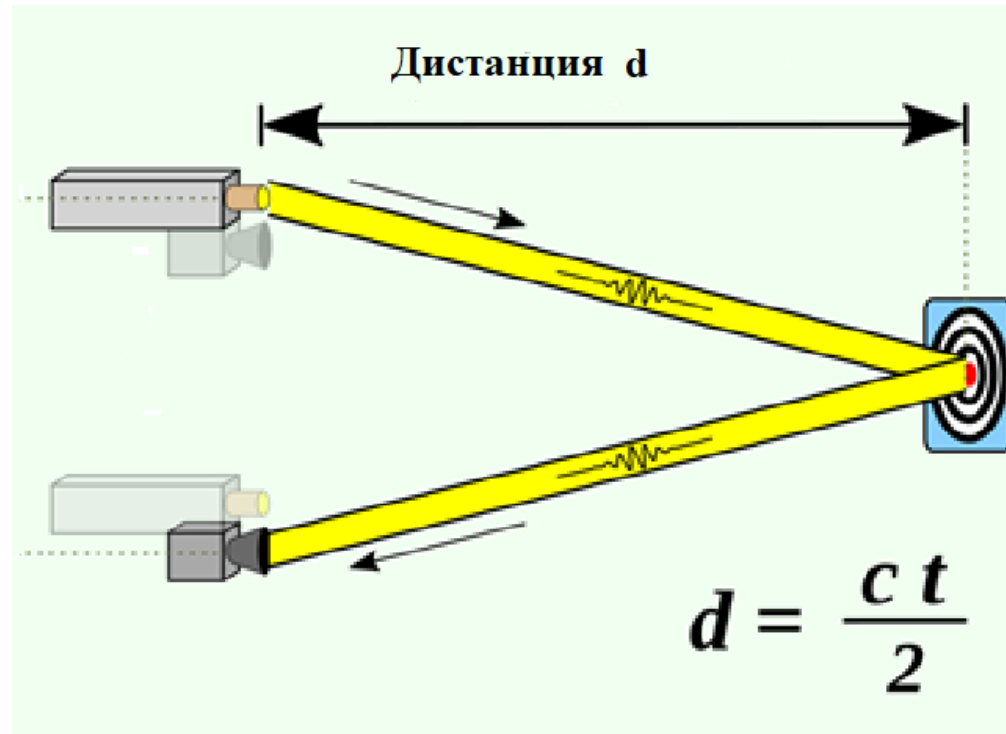
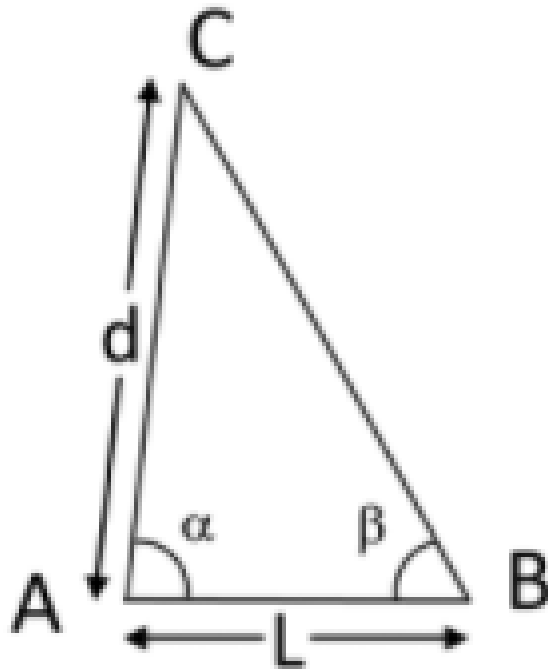


Рисунок 3 – Схема работы сканера

# Бесконтактные 3D-сканеры

Триангуляционный метод измерения – лазерный излучатель, камера и лазерная точка геометрически образуют треугольник, соответственно, можно определить расстояние до объекта.



$$d = L \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\alpha + \beta)} \quad (1)$$

Рисунок 4 – Схема работы сканера

# Бесконтактные 3D-сканеры

Технология структурированного света представляет собой проекцию световой сетки непосредственно на объект, а деформация этого рисунка представляет собой модель сканируемого предмета.

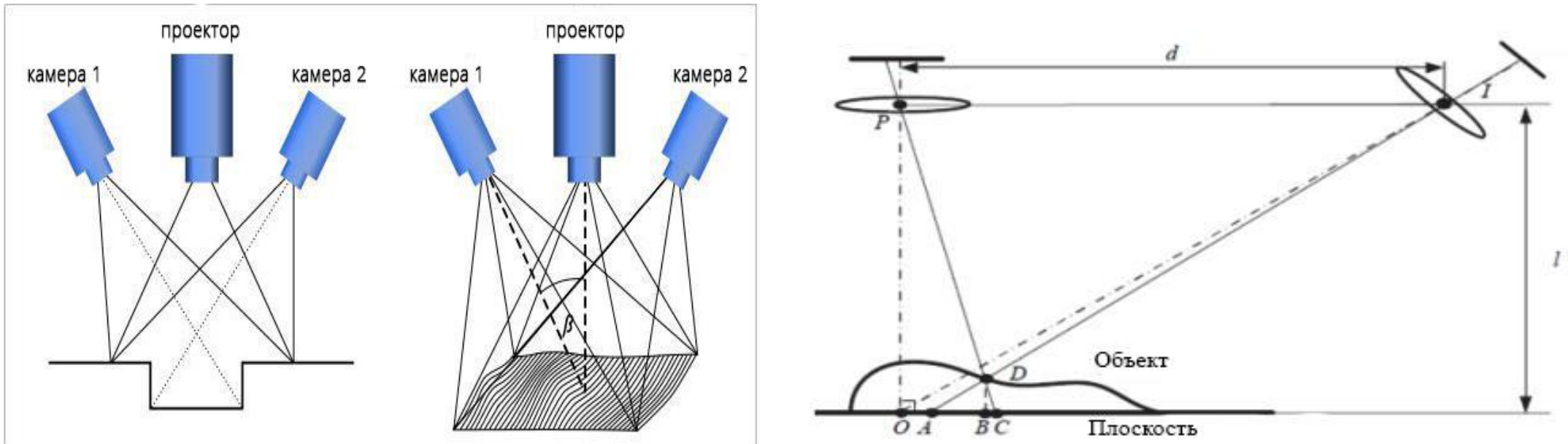


Рисунок 5 – Схема сканирования по технологии структурированного света

# Бесконтактные 3D-сканеры

Фотограмметрическая съемка – это наиболее технически продвинутое решение в данной области, которое использует аналогичный принцип, что и фотометрия.

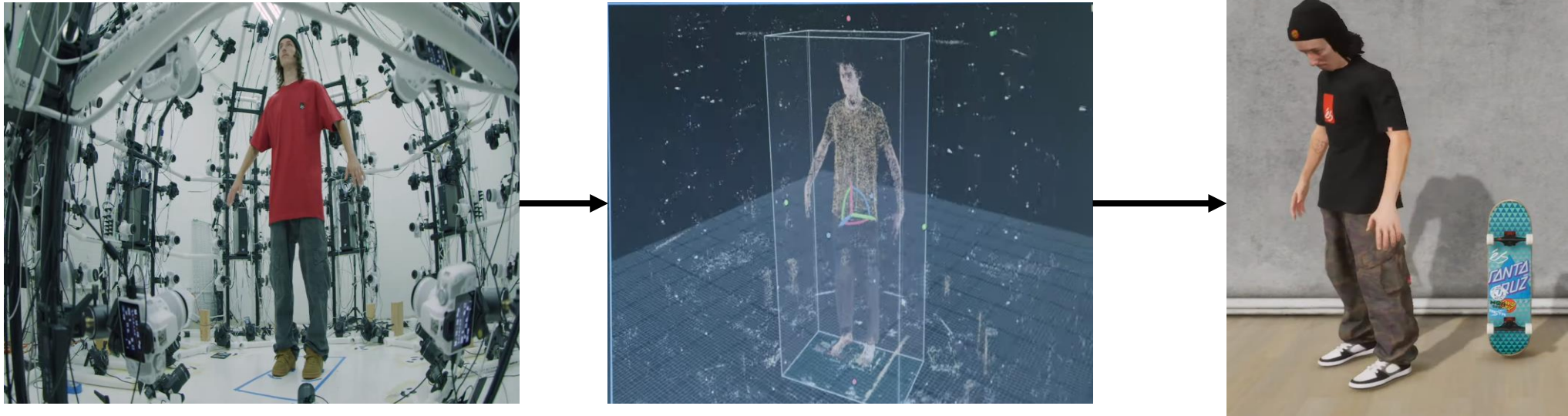


Рисунок 6 – Фотограмметрическая съемка человека

Такой метод сканирования широко используется в компьютерных играх для создания персонажа или текстуры предмета. На рисунке показан процесс создания персонажа для компьютерной игры.



# Принцип действия 3D-сканера BQ Ciclop

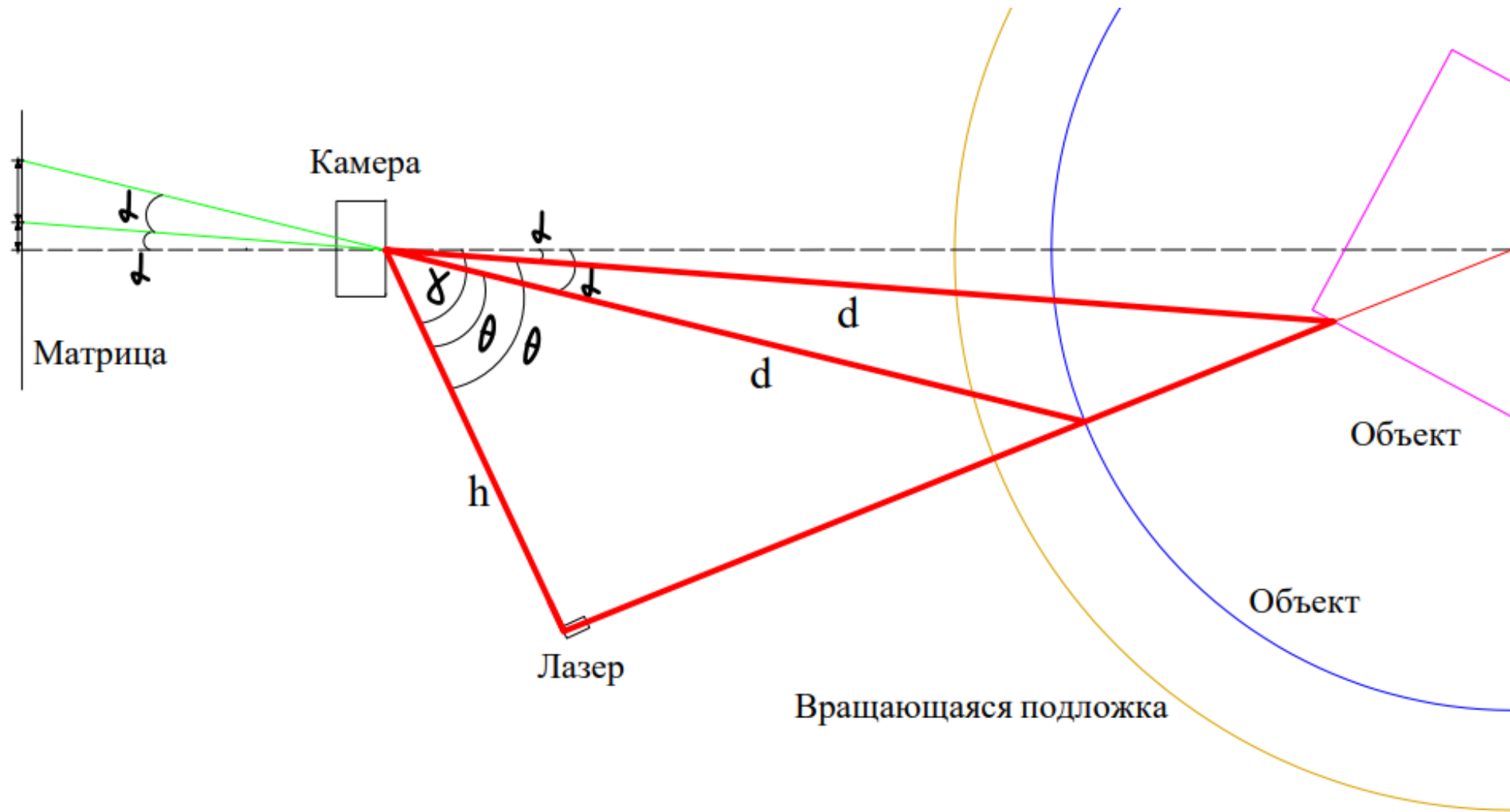


Рисунок 7 – Принцип действия 3D-сканера BQ Ciclop

# Калибровка 3D-сканера BQ Ciclop

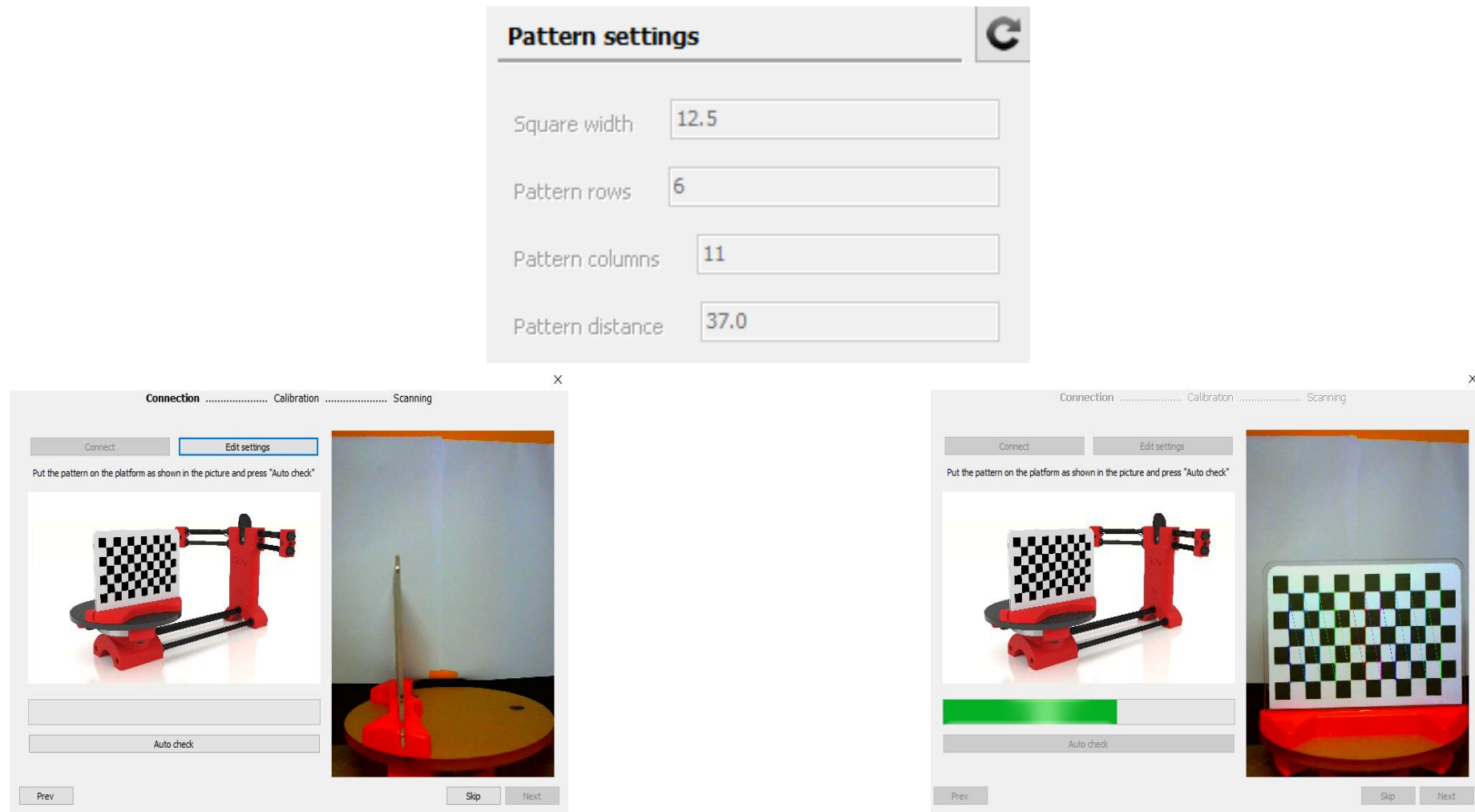


Рисунок 8 – Калибровка 3D-сканера BQ Ciclop

# Сканирование объекта

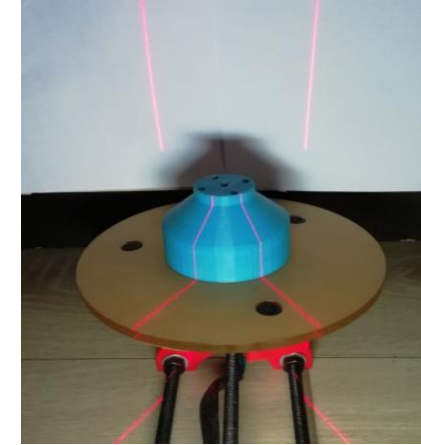
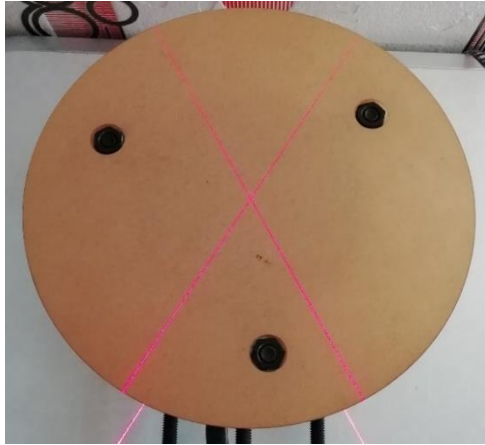


Рисунок 9 – Подготовка к сканированию

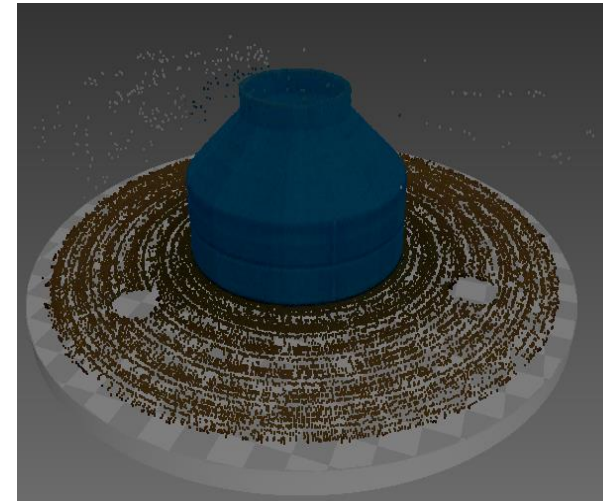
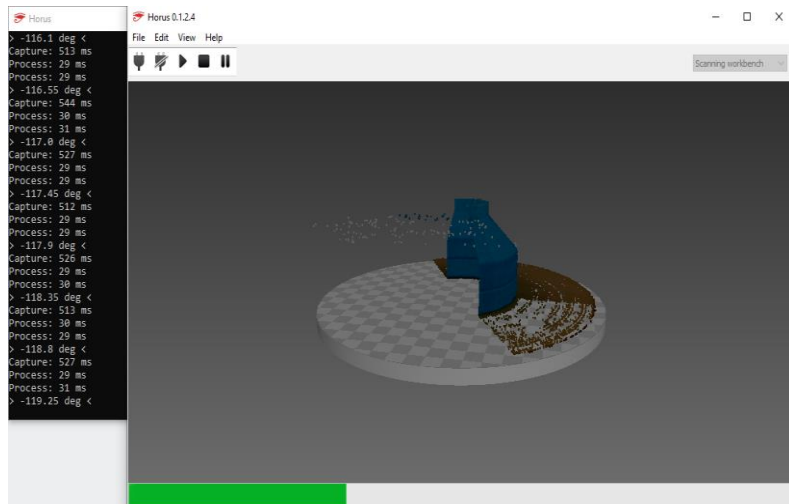


Рисунок 10 – Процесс сканирования

# Принцип действия 3D-сканера RangeVision NEO

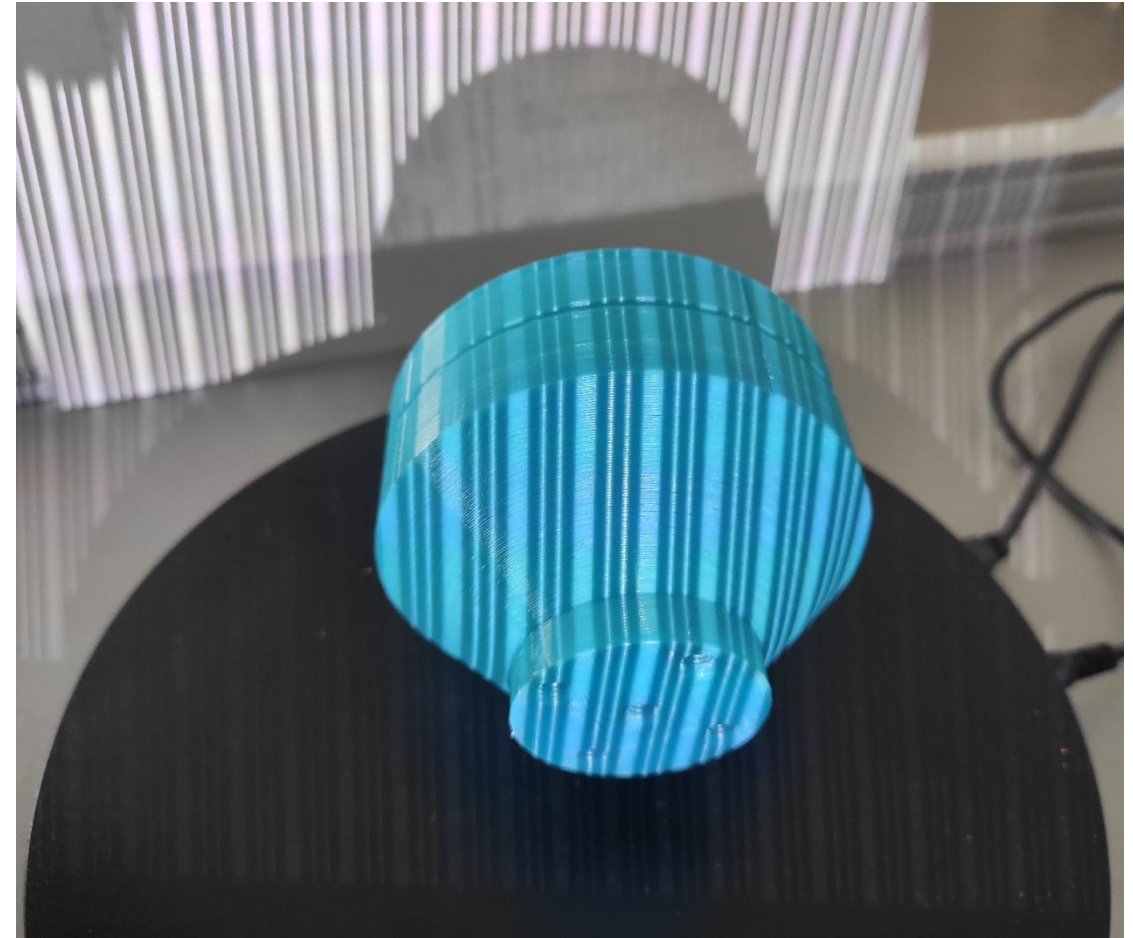
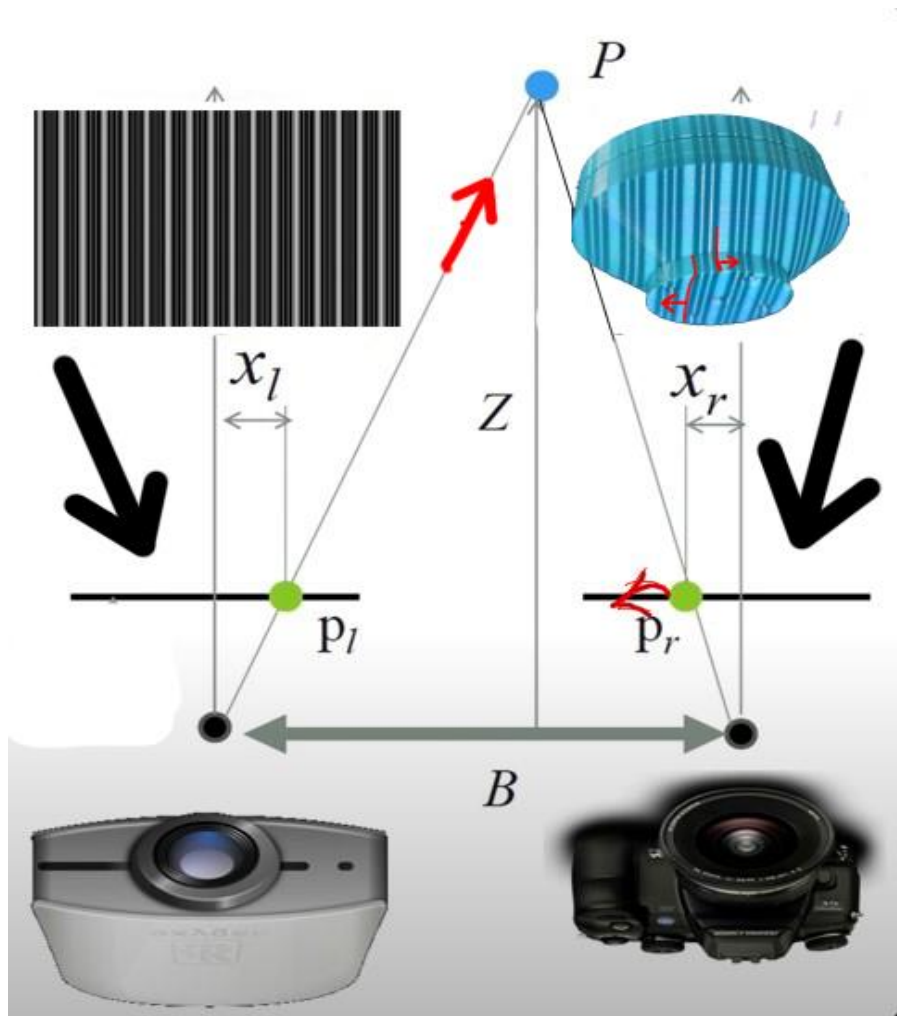


Рисунок 11 – Принцип действия 3D-сканера RangeVision NEO

# Сканирование объекта

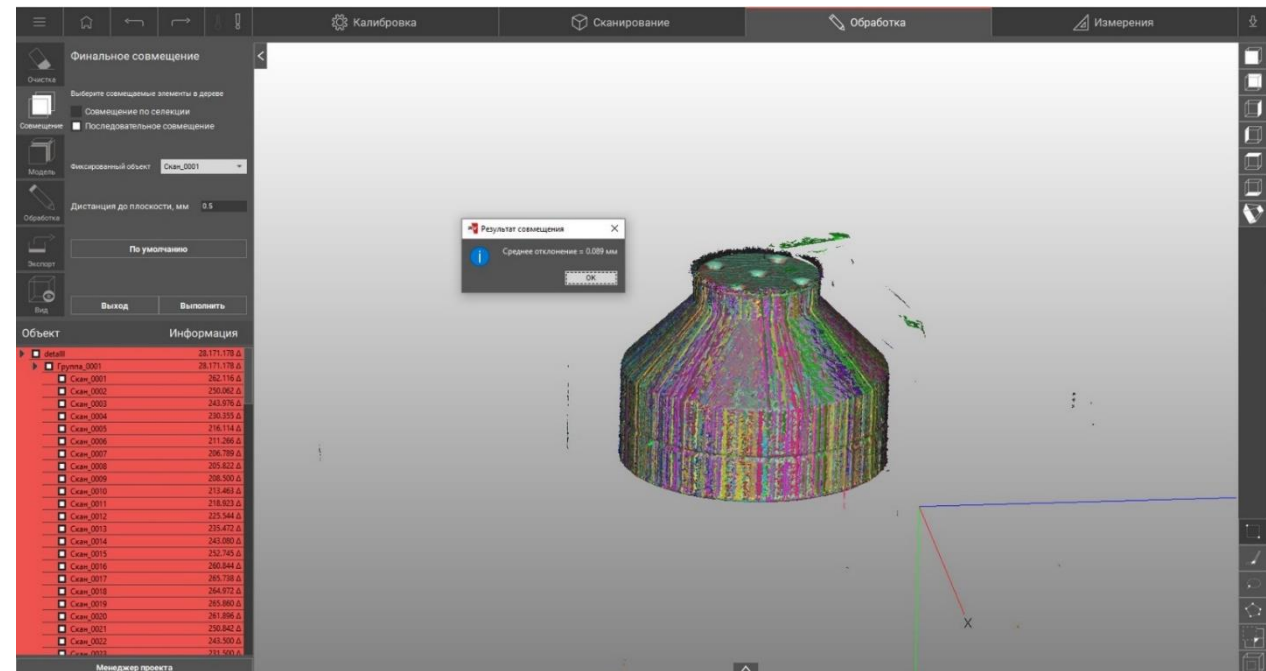
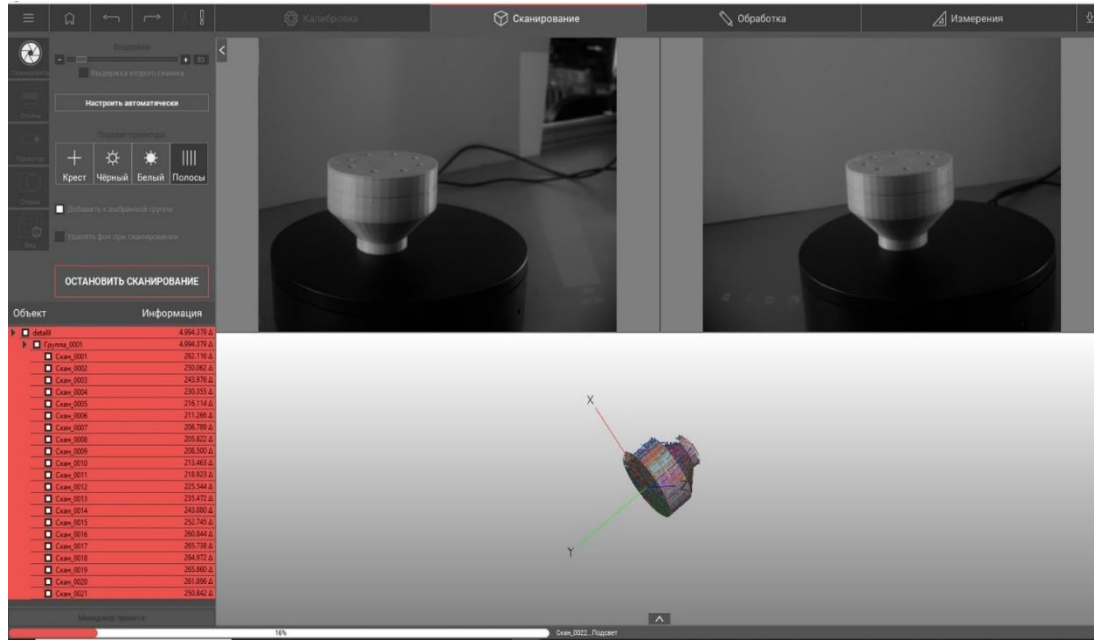
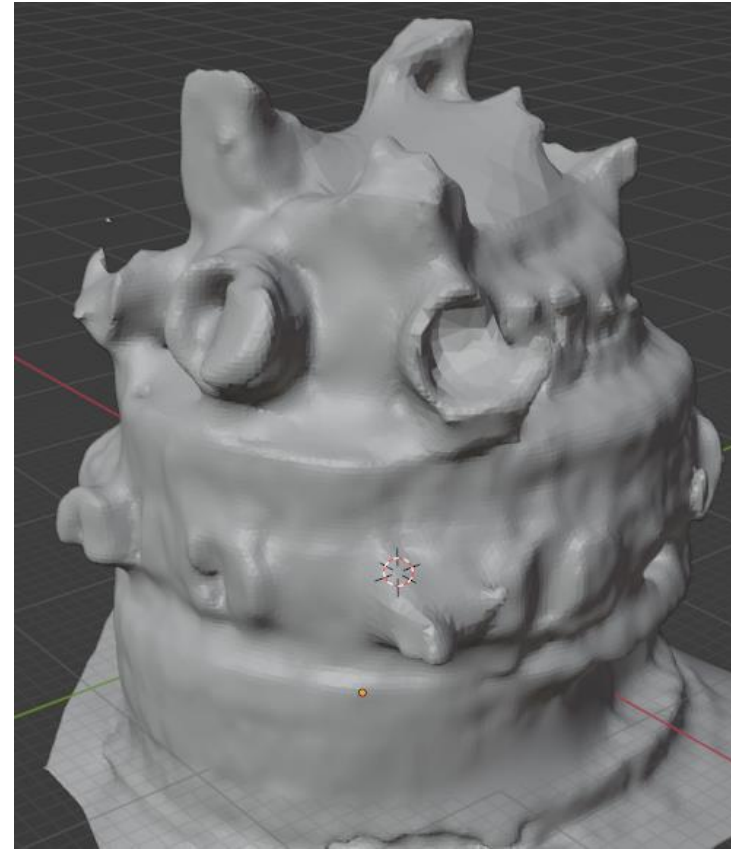


Рисунок 12 – Процесс сканирования

# Сканирование объекта



RangeVision NEO



BQ Ciclop

Рисунок 13 – Трехмерная модель детали со сложной геометрией

# Оценка погрешностей

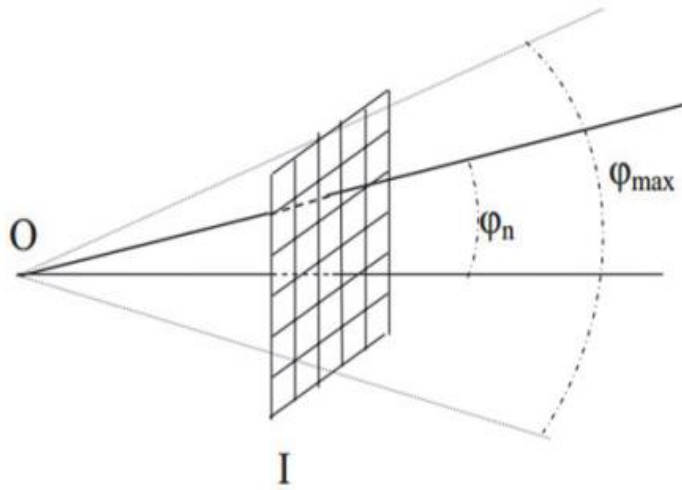


Рисунок 14 – Матрица элементов цифровой фотокамеры

$$tg\varphi_n = \frac{ntg\frac{\varphi_{max}}{2}}{N/2} \quad (2)$$

$$d = a_1 \cos(\theta_1 + \varphi_{n1}^1) \quad (3)$$

$$d = a_2 \cos(\theta_2 + \varphi_{n2}^2) \quad (4)$$

$$b = a_1 \sin(\theta_1 + \varphi_{n1}^1) + a_2 \sin(\theta_2 + \varphi_{n2}^2) \quad (5)$$

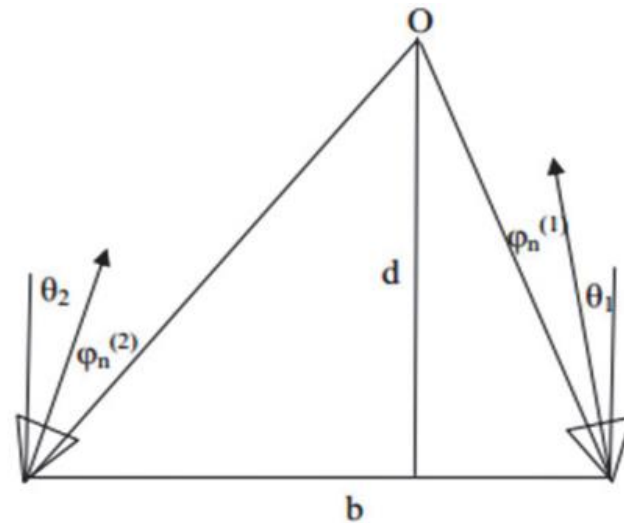


Рисунок 15 – Матрица элементов цифровой фотокамеры

$$\frac{b}{d} = tg(\theta_1 + \varphi_{n1}^1) + tg(\theta_2 + \varphi_{n2}^2) \quad (6)$$

$$\left| \Delta \frac{b}{d} \right| = \frac{b\Delta d}{d(d + \Delta d)} \approx \frac{b\Delta d}{d^2} \quad (7)$$

$$\frac{b\Delta d}{d^2} \geq \frac{ntg\frac{\varphi_{max}}{2}}{N/2} \quad (8)$$

$$\frac{\Delta d}{d} \geq \frac{1}{N} \frac{d}{b} tg\frac{\varphi_{max}}{2} = \frac{1}{1920} \frac{0,35}{0,15} \cdot 0,4 = 0,49 \text{ мм}$$

# Оценка погрешностей

Таблица 1 – Результаты измерений

Размер эталонного объекта, мм		BQ Ciclop			
		Размер получившегося объекта, мм	$\pm\Delta x$ , мм	$\delta$ , %	$\Delta$ , мм
диаметр основания	83	76,59	6,41	7,72	0,87
высота детали	60,5	57,78	2,72	4,49	-
диаметр меньшего основания	38,8	36,25	2,55	6,44	0,13
<b>RangeVision NEO</b>					
диаметр основания	83	82,38	0,62	0,74	0,86
высота детали	60,5	60,69	0,19	0,31	-
диаметр меньшего основания	38,8	38,55	0,25	0,64	0,21
диаметр отверстий верхнего основания	5	4,70	0,30	6	0,39
диаметр отверстий нижнего основания	6	5,64	0,36	6	0,37



# Создание точной копии

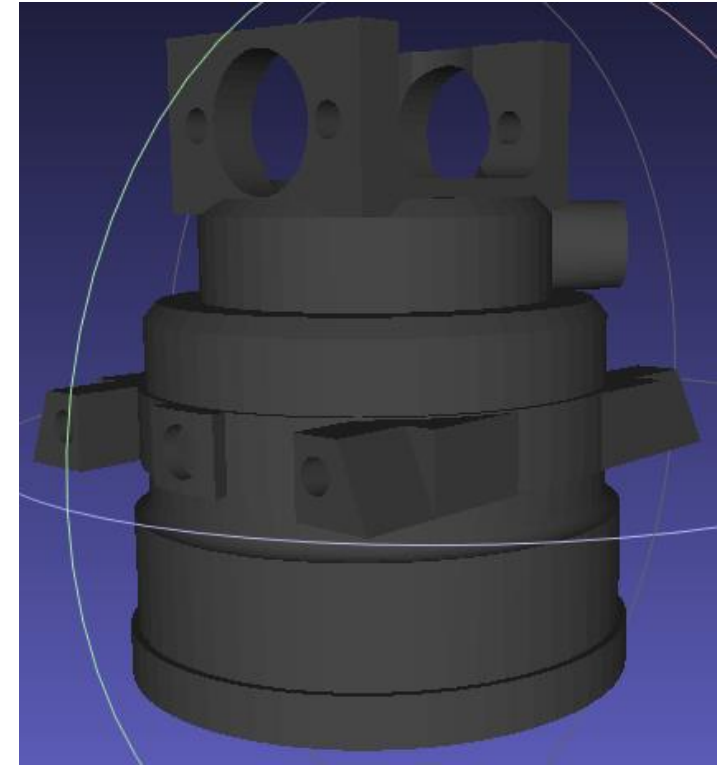
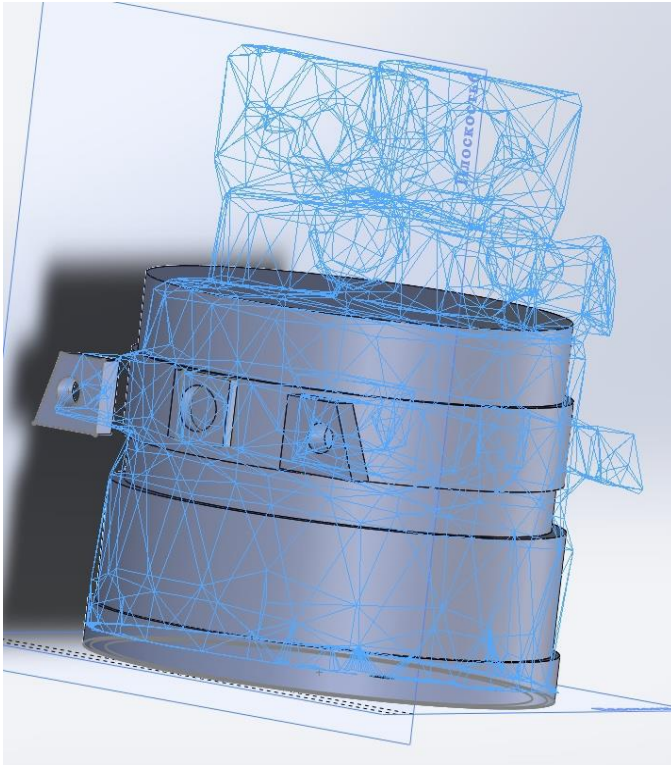


Рисунок 16 – Создание точной копии по готовому скану детали

# Заключение

- проведен аналитический обзор существующих 3D-сканеров и их методов сканирования;
- выбраны наиболее подходящие технологии для исследования погрешностей реверсивного проектирования;
- проведена сборка 3D-сканера BQ Ciclor;
- произведена калибровка сканеров BQ Ciclor и RangeVision NEO;
- сканирование и постобработка моделей, полученных с помощью двух сканеров;
- создание точной копии эталона по готовым сканам;
- проведена печать на 3D-принтере;
- сравнение результатов измерения изготовленных деталей.



Южно-Уральский  
государственный  
университет

Национальный  
исследовательский  
университет

Спасибо за внимание!