

Разработка программного модуля определения геометрических параметров объектов на базе алгоритмов технического зрения

Цель работы: расширение функциональных возможностей машиностроительного оборудования, не оснащенного автоматизированными средствами измерений.

Задачи:

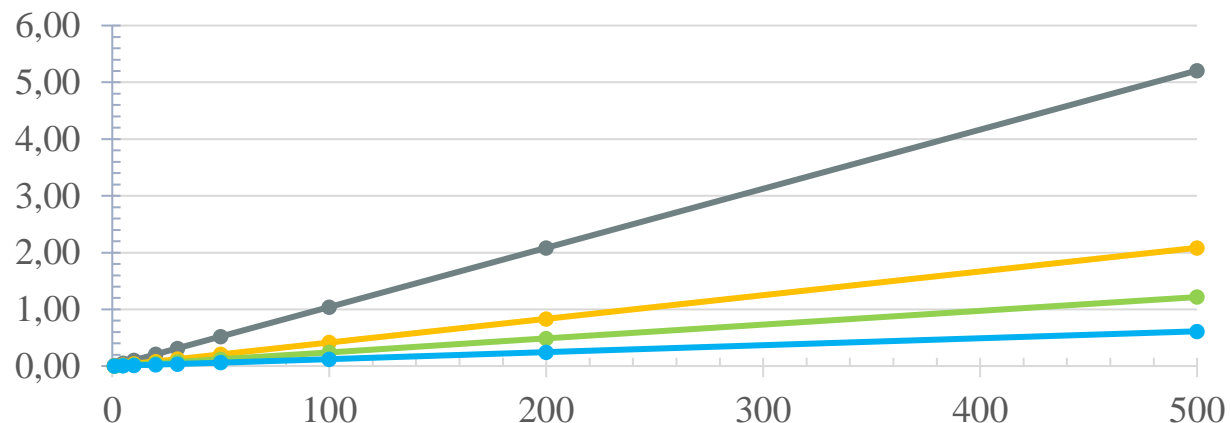
1. Проанализировать способы применения технического зрения в машиностроительном производстве, оценить возможности и погрешности определения геометрических параметров объектов на базе алгоритмов технического зрения.
2. Выбрать оборудование, инструментарий, языки программирования, технологии и разработать алгоритм определения геометрических параметров объектов на базе алгоритмов технического зрения.
3. Разработать программный модуль определения геометрических параметров объектов на базе алгоритмов технического зрения.
4. Произвести тестирование работы программного модуля определения геометрических параметров объектов на базе алгоритмов технического зрения.

Научный руководитель, к.т.н., доцент: Пушков Роман Львович

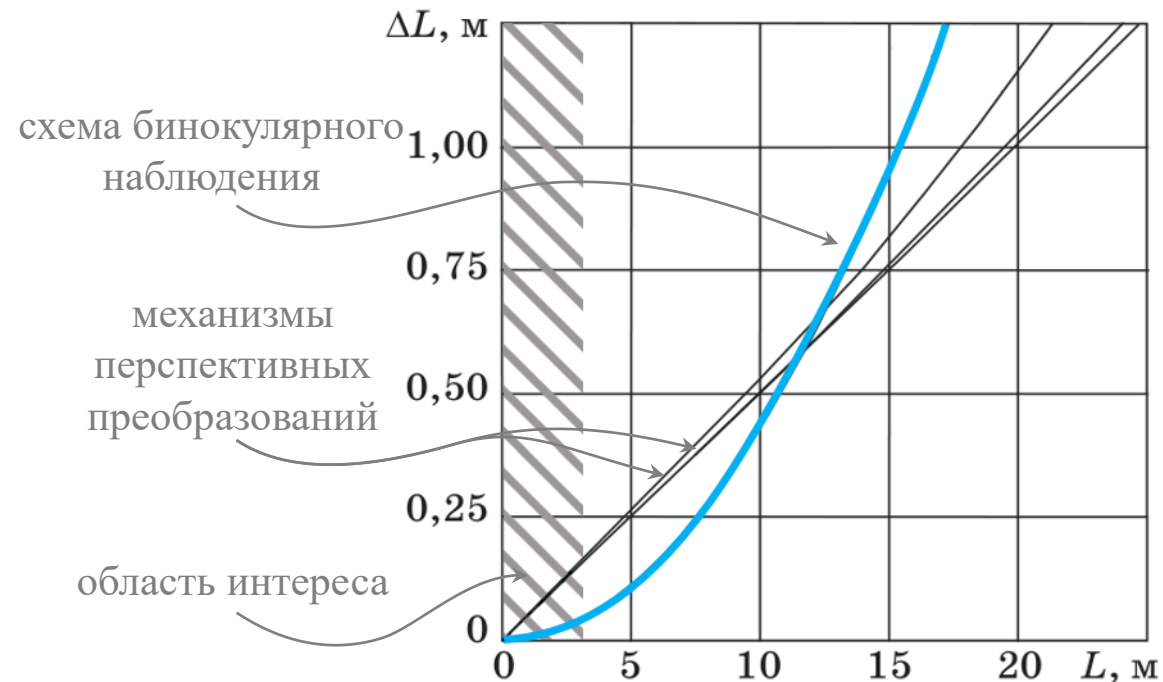
Студент группы АДБ-17-06: Кротова Наталия Алексеевна

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ

Зависимость погрешности определения контура от разрешения изображения и размера захватываемой области



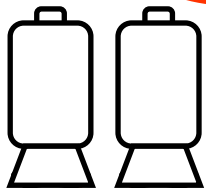
Зависимость погрешности определения расстояния до объекта от расстояния наблюдения



Разрешение изображения $s_w \times s_h$	Величина области, захваченной камерой по высоте p_h , мм								
	1	5	10	20	30	50	100	200	500
640x480	0,01	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	1,04	2,1	5,2
1600x1200	0,004	0,02	0,04	0,08	0,13	0,2	0,4	0,8	2,1
2432x2050	0,002	0,01	0,02	0,05	0,07	0,12	0,2	0,5	1,2
5104x4092	0,001	0,006	0,012	0,02	0,04	0,06	0,1	0,2	0,6

ВЫБОР СПОСОБА РЕАЛИЗАЦИИ

Камеры



- ✓ высокое разрешение
- ✓ известно расстояние между камерами
- ✓ известны углы обзора камер

Метки

- ✓ известно расстояние между метками
- ✓ известно положение меток в СКС



метка

Программный модуль

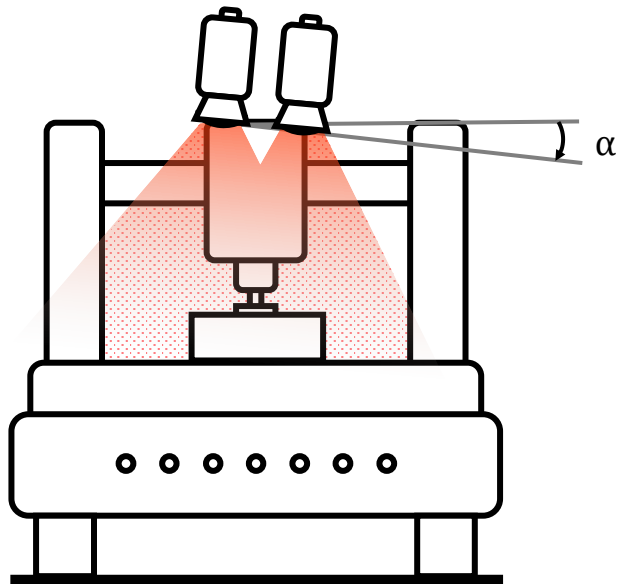
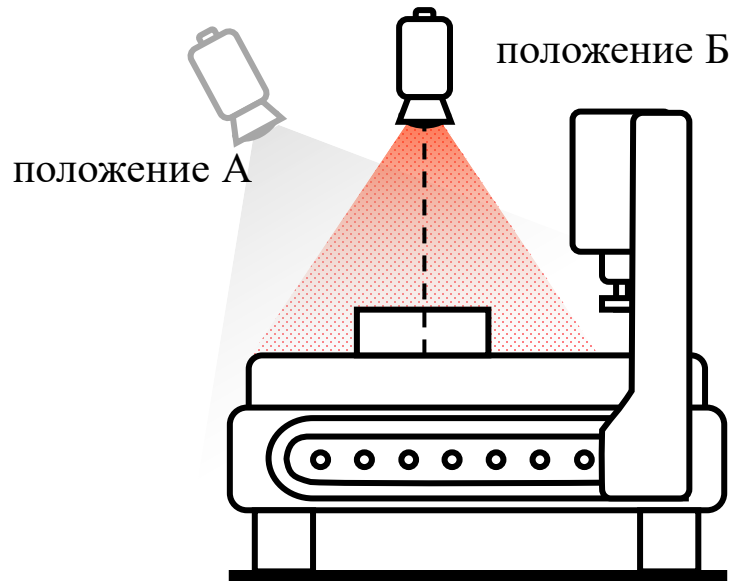
C++



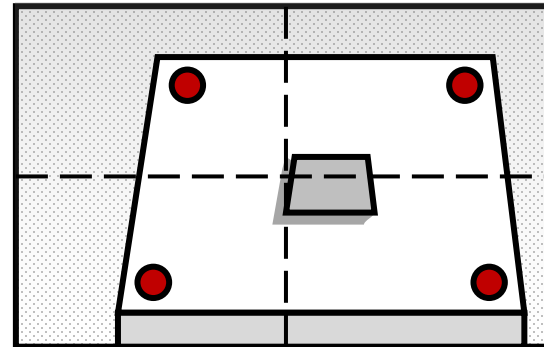
Модули:

core
imgproc
imgcodecs
highgui

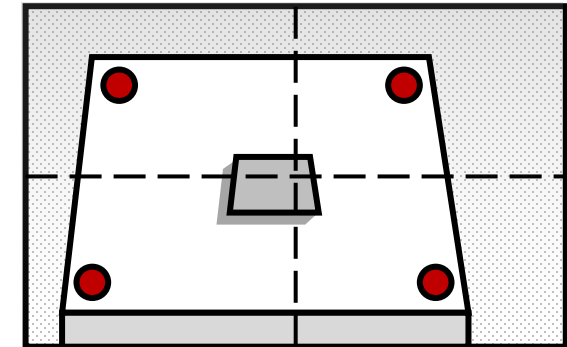
ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ



левый снимок



правый снимок



1. Камеры закрепляются неподвижно
2. Все метки попадают в поле зрения обеих камер и располагаются как можно ближе к углам снимков
3. Зрительные оси как можно ближе к параллельности нормали стола станка
4. Наклон α необходимо минимизировать

АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ

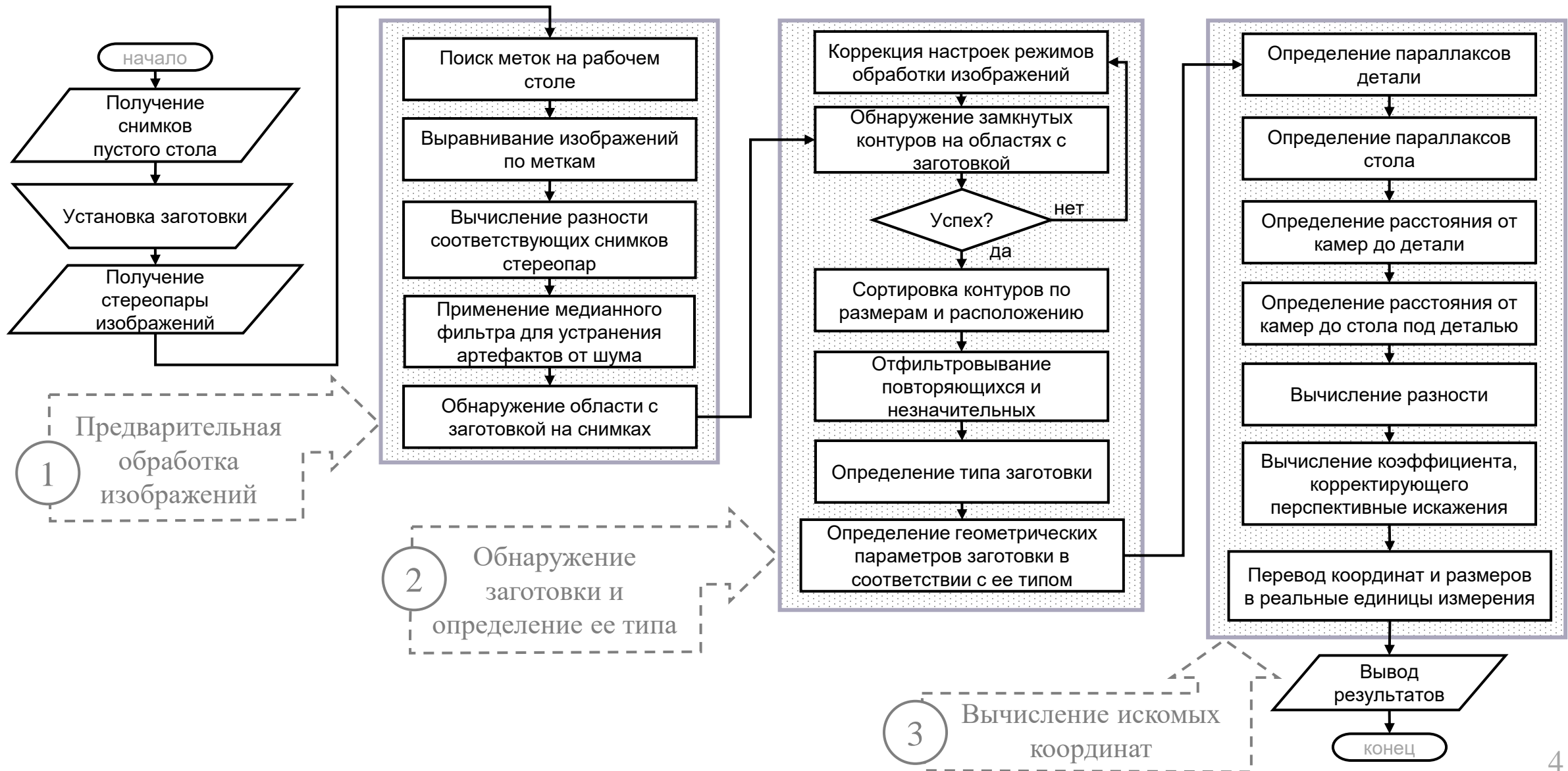
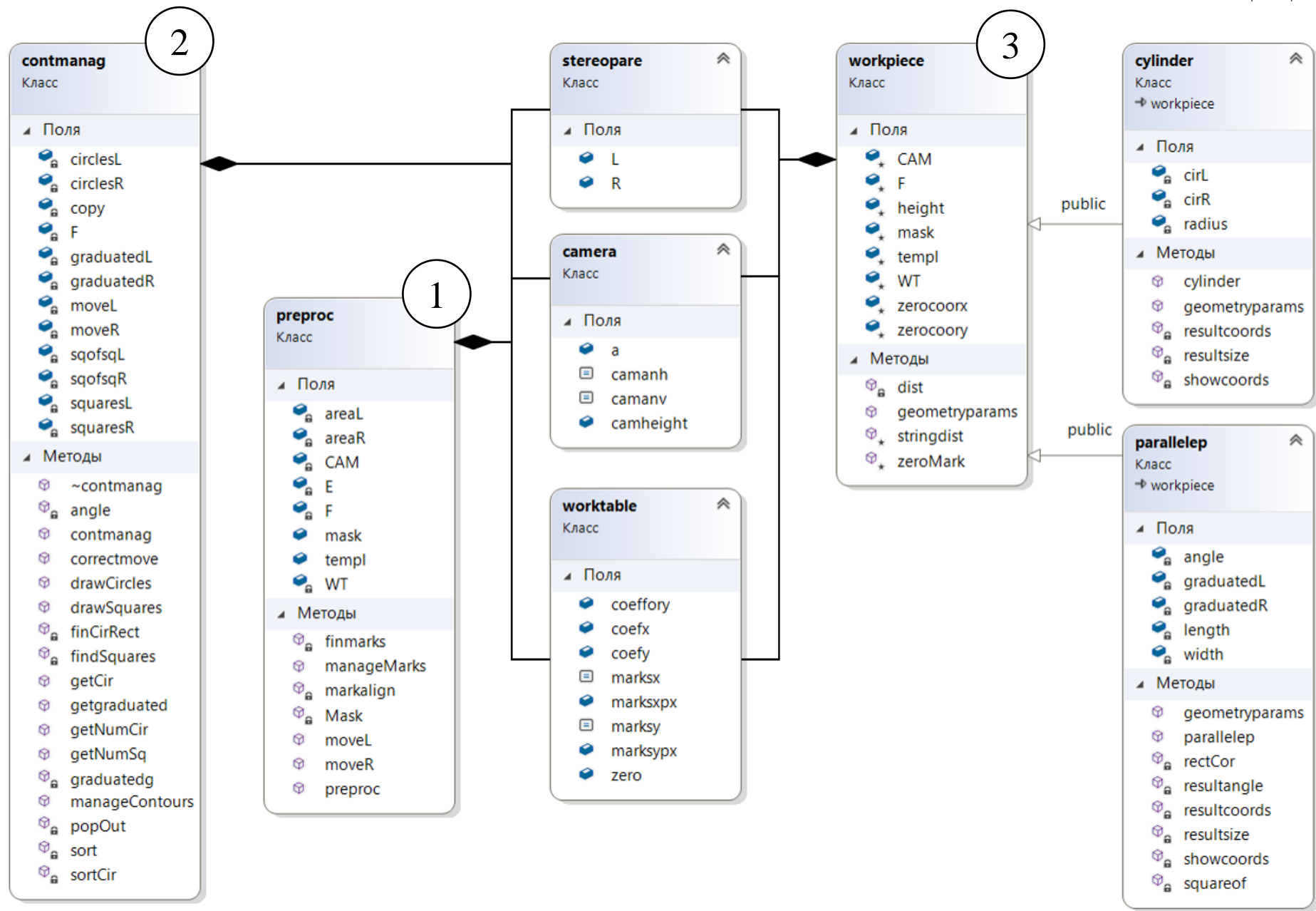
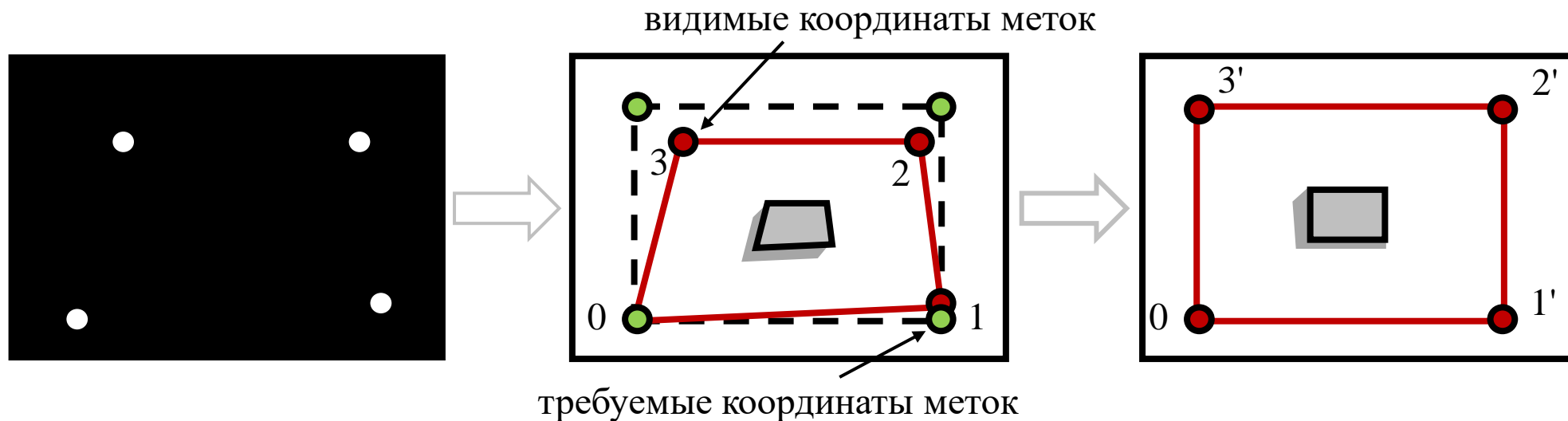


ДИАГРАММА КЛАССОВ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ

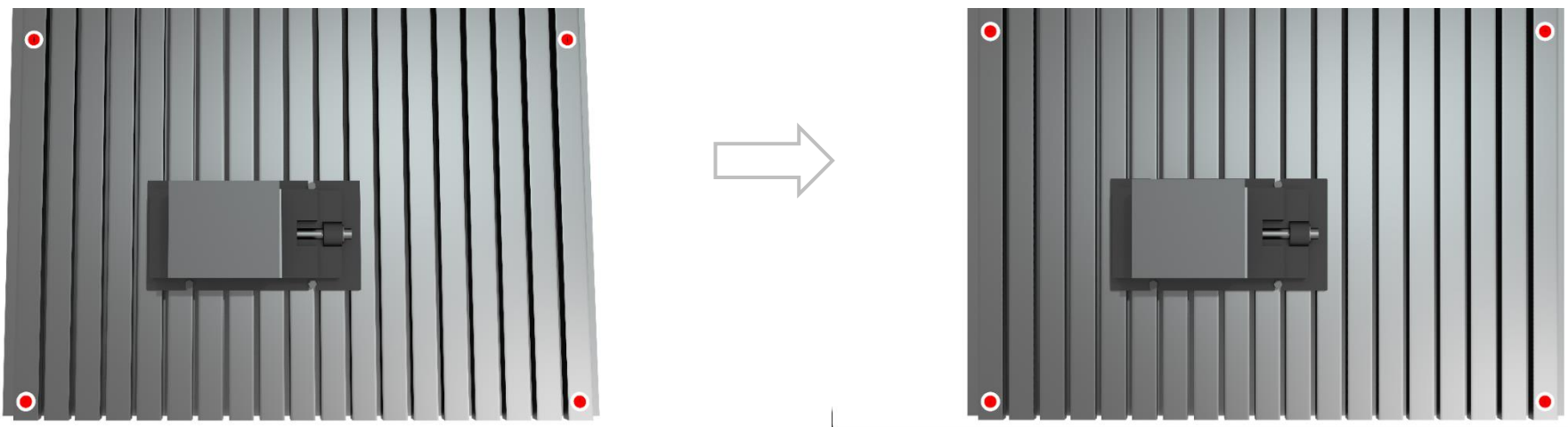


ЭТАП 1: ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА



```
inRange(RLA, Scalar(0, 50, 20), Scalar(105, 255, 255), mask);
inRange(RLA, Scalar(160, 50, 20), Scalar(180, 255, 255), RLA);
bitwise_or(RLA, mask, RLA);
```

```
Mat align = getPerspectiveTransform(marks, corr);
Mat transformed = Mat::zeros(RL->rows, RL->cols, CV_8UC3);
warpPerspective(RL->clone(), transformed, align, RL->size());
```

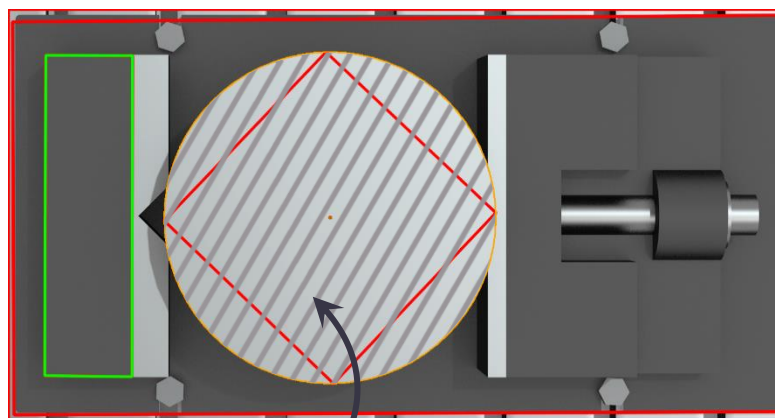
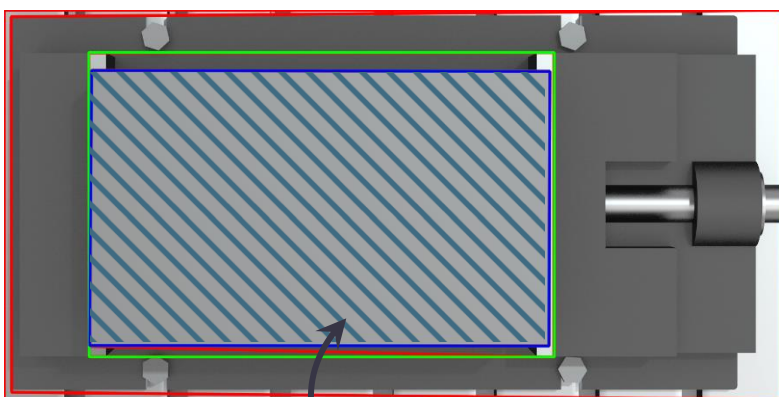
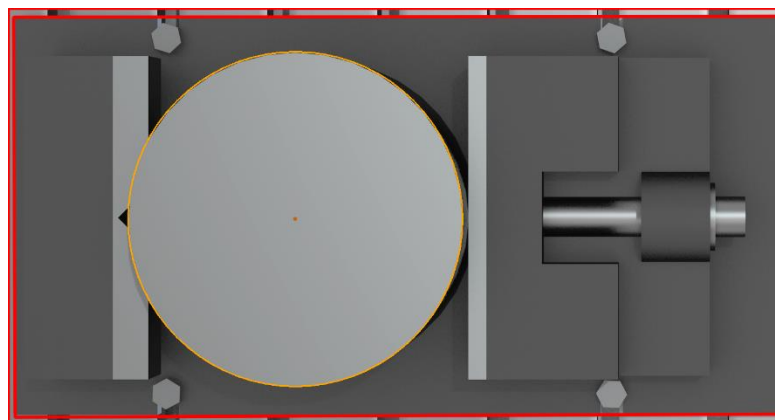


ЭТАП 2: ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАГОТОВКИ

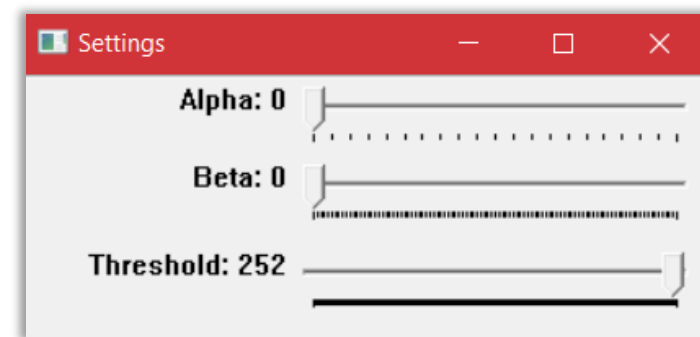
Обнаружение прямоугольной
заготовки



Обнаружение цилиндрической
заготовки



Распознанные контуры
заготовок

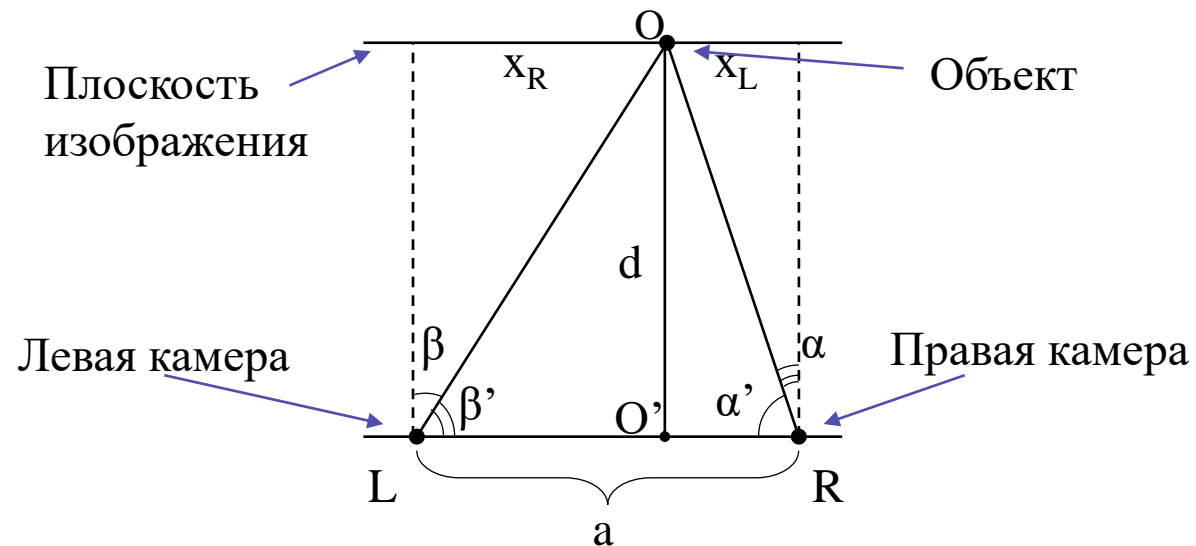
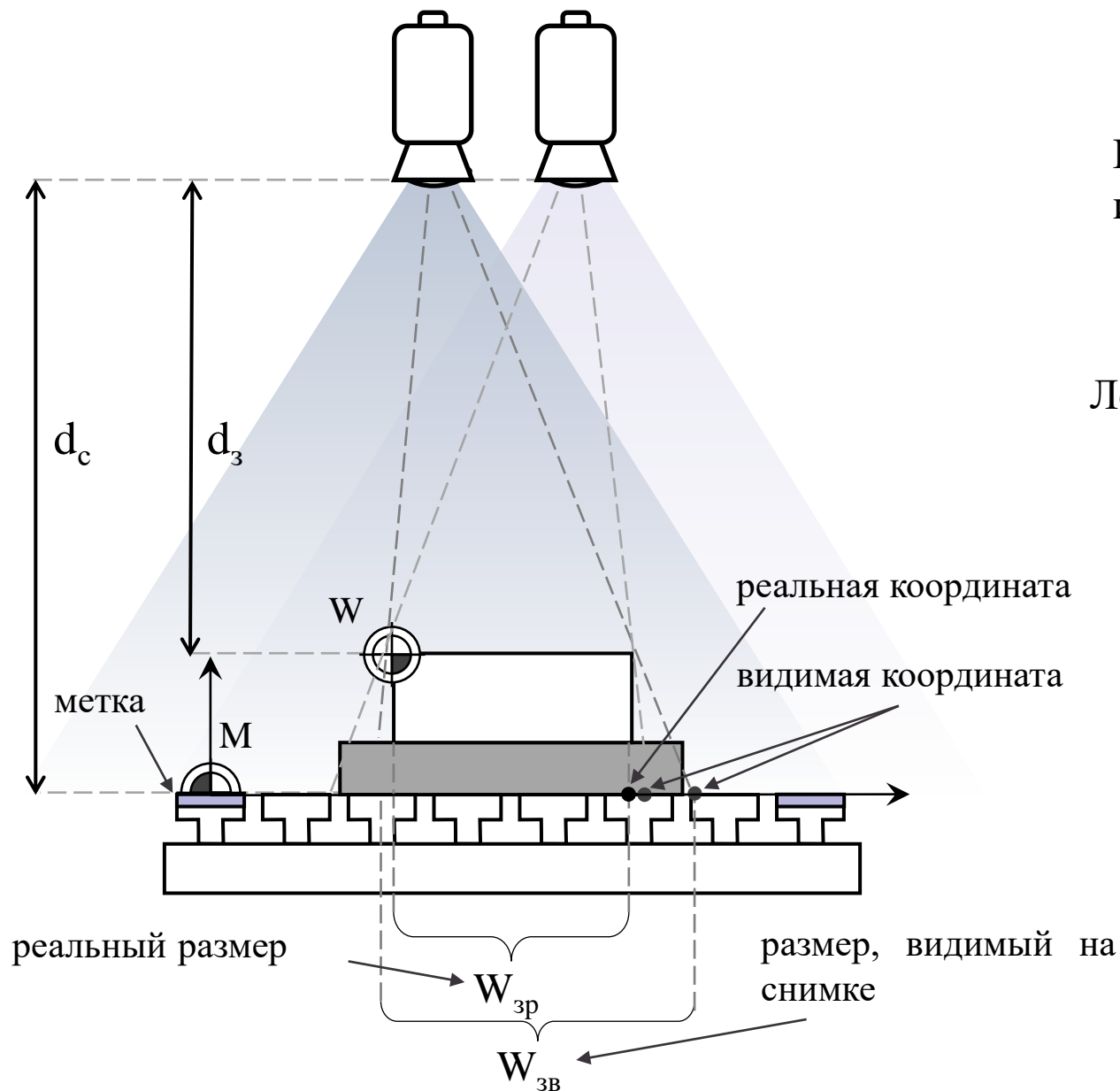


Alpha — повышение контрастности

Beta — повышение яркости

Threshold — настройка фильтра
Кэнни. Используется для более
тонкой настройки в случае, если
заготовка сливается со спутником.

ЭТАП 3: ВЫЧИСЛЕНИЕ ИСКОМЫХ КООРДИНАТ



$$a = \frac{d}{\operatorname{tg}(\beta')} + \frac{d}{\operatorname{tg}(\alpha')} \quad \frac{X}{2} \cdot \frac{1}{x} = \operatorname{tg}(A) \Rightarrow x = \frac{X}{2\operatorname{tg}(A)}$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{x_R}{x}\right) \quad \beta = \operatorname{atan}\left(\frac{x_L}{x}\right)$$

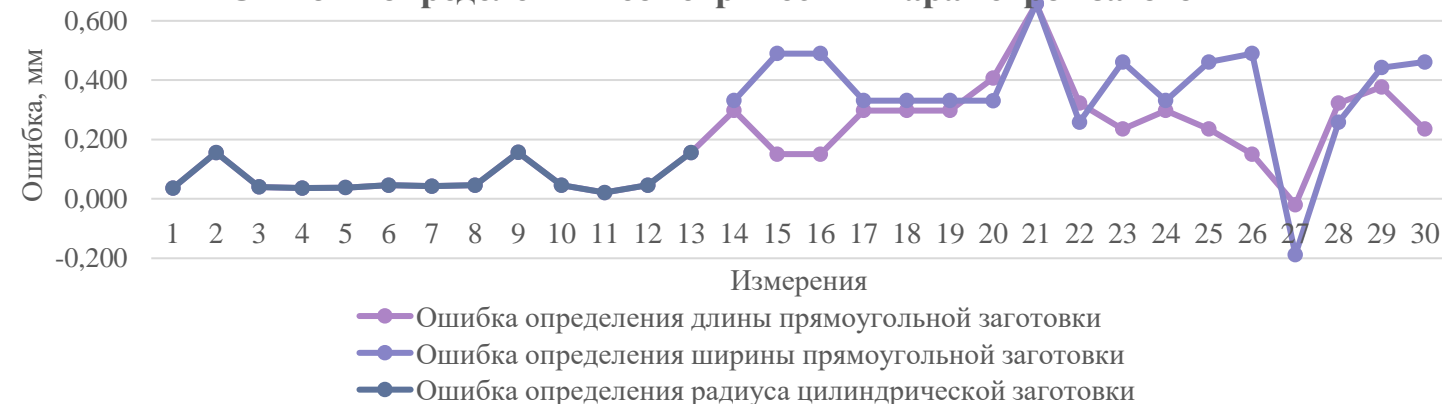
$$d = \frac{a}{\frac{1}{\operatorname{tg}(90^\circ - \alpha)} + \frac{1}{\operatorname{tg}(90^\circ - \beta)}}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ МОДУЛЯ

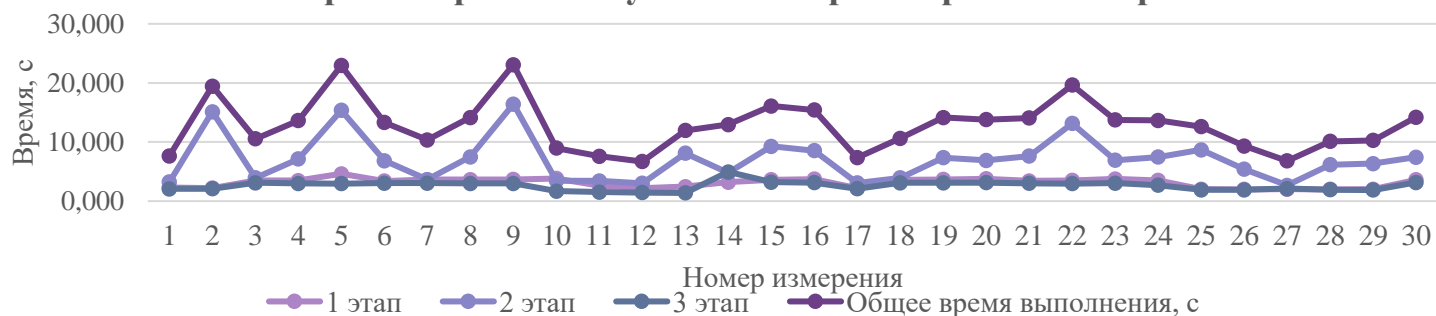
Ошибки определения координаты нулевой точки по осям



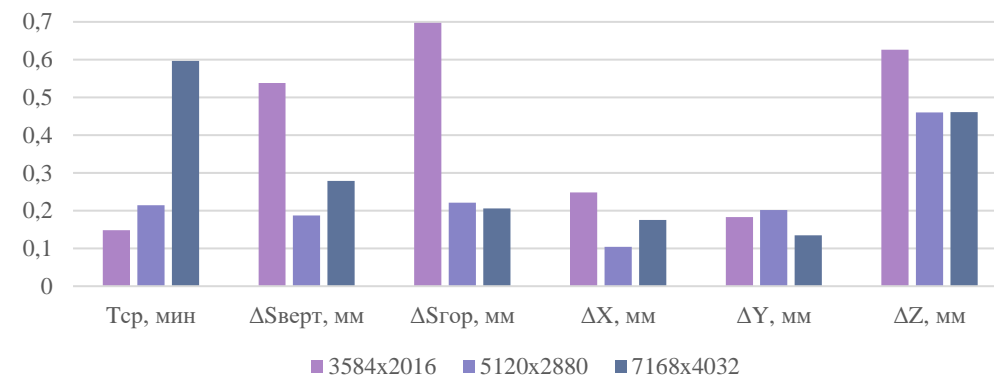
Ошибки определения геометрических параметров заготовки



Время обработки с учетом настройки режимов обработки



Сравнение результатов тестирования для исходных изображений различного разрешения



Среднее время обработки: 12,84 секунды
Средняя ошибка определения размера заготовки

- по длине 0,187 мм
- по ширине 0,221 мм

Средняя ошибка определения координаты

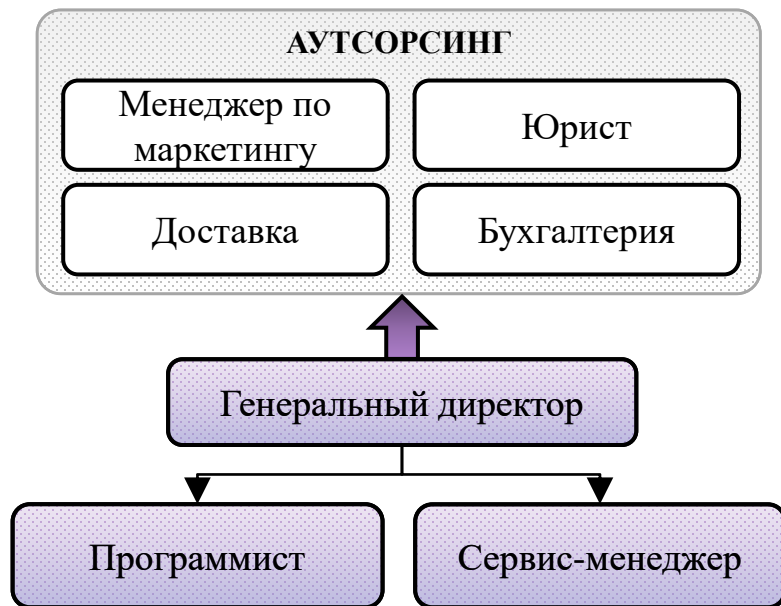
- X: -0,104
- Y: -0,401
- Z: 0,460

БИЗНЕС-МОДЕЛЬ ОСТЕРВАЛЬДЕРА

Ключевые партнеры	Ключевые виды деятельности	Ценностные предложения	Взаимоотношения с клиентами	Потребительский сегмент
<ul style="list-style-type: none">– Инвесторы– Предприятия машиностроения– Поставщики комплектующих	<ul style="list-style-type: none">– Разработка ПО для предлагаемой СТЗ– Закупка комплектующих для СТЗ	СТЗ, предлагаемая в данном проекте, поможет предпринимателям, которые хотят повысить степень автоматизации своего производства, сократить время, затрачиваемое на наладку станка и уменьшить количество брака, порождаемого на этапе привязки детали к системе координат станка, и в результате повысить производительность оборудования, а также снизить затраты на специализированный измерительный инструмент.	Индивидуальные (заключение договора осуществляется непосредственно лично с заказчиком)	<ul style="list-style-type: none">– Предприятия машиностроения
	Ключевые ресурсы		Каналы сбыта	
	Программист Менеджер по маркетингу Сервис		Каналы маркетинга: выставки, конференции, демонстрация работы системы непосредственно на предприятиях.	
Структура издержек			Потоки поступления доходов	
Затраты на маркетинг, затраты на программирование и комплектующие, накладные затраты			Продажа СТЗ	

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

Организационная структура компании



Инвестиционные затраты

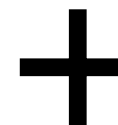
Статья затрат	Сумма, руб.
Оборудование:	294 000
- Стоимость покупки	280 000
- Доставка и монтаж	8 400
- Пуско-наладочные работы	5 600
Программное обеспечение:	0
- Visual Studio 2019 Community	0
- OpenCV	0
Затраты на приобретение лицензии на конкретный вид деятельности	0
Инвестиции в оборотный капитал	1092409,48
Итого инвестиции:	1386409,48

Отпускная цена СТЗ



Оборудование

180000,00 руб.



ПО
184368,00 руб.

Объем продаж

Год					
1	2	3	4	5	6
20	25	30	35	40	45

Показатели эффективности

Внутренняя норма доходности IRR: 66%

Индекс доходности: 4,67

Срок окупаемости проекта: 1 год 324 дня