

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Высшая школа электроники и компьютерных наук  
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

# Разработка программы для автоматизации измерения и расчета геометрических характеристик металлических трубок

Научный руководитель:  
к.п.н., доцент кафедры  
«Электронные  
вычислительные машины»  
Плаксина Ю.Г.

Автор работы:  
Студент группы КЭ-406  
Карякин В.П.

# Актуальность и цель работы

Актуальность:

- Повышение производительности труда.
- Систематизация данных о характеристиках трубок.

Цель работы:

- Создание программы, позволяющей проводить измерения характеристик трубок в автоматизированном режиме, выполнять расчет производных параметров и сохранять их в удаленной базе данных.

# Функциональные требования

1. Подключение и работа с оптическим измерительным устройством (электронный микроскоп).
2. Автоматизированное проведение измерений расстояний от измерительной оснастки до наружной поверхности трубки в указанных точках.
3. Расчет геометрических характеристик измеряемой трубки на основе измеренных значений.
4. Выгрузка результатов измерений и расчетов в базу данных.

# Нефункциональные требования

1. Программное обеспечение должно работать в ОС Windows 7 и выше.
2. СУБД MySQL версии 5.5.62.
3. Доступ к базе данных должен быть обеспечен с любого рабочего места.
4. Математический аппарат и классы, используемые для расчета характеристик трубок и работы с базой данных, должны быть выделены в отдельные модули или динамические библиотеки.
5. Классы данных и их обработки должны быть независимы от интерфейсной части и пригодны для использования в других проектах.

# Задачи

1. Аналитический обзор научно-технической, нормативной и методической литературы по тематике работы.
2. Разработка архитектуры программы.
3. Разработка набора алгоритмов для работы машинного зрения.
4. Разработка алгоритма расчета геометрических параметров металлических трубок.
5. Реализация, тестирование и отладка программы.

# Обзор аналогов

Измерительные решения					
Название решения	«ГЕОМЕР»	TubeShaper	УСКР-8	Faro Fusion Arm	MCView
Высокая точность измерения (до 0.01мм)	-	-	-	-	+
Возможность измерения трубок наружного диаметра от 2 мм.	-	-	-	-	+
Возможность взаимодействия с пользовательскими БД	-	-	-	-	-
Возможность автоматизации	-	+	+	+	-
Малые габариты	-	+	-	+	+
Расчетные решения					
Название решения	SOLIDWORKS		Компас-3D		
Возможность взаимодействия с пользовательскими БД	-		-		

# Используемые технологии

- Архитектура вида «толстый клиент».
- Язык программирования C#:
  - Среда исполнения Common Language Runtime.
  - Платформа .NET Framework версии 4.5.2.
  - Пользовательский интерфейс на основе Windows Forms.
  - Библиотеки машинного зрения AForge.NET.
- СУБД MySQL версии 5.5.62.

# Программная архитектура

- Клиентская часть:
  - Окно вывода изображения с микроскопа для анализа оператором.
  - Вкладки для настройки параметров программы.
- Серверная часть:
  - Таблица трубок и их типоразмеров.
  - Таблица результатов измерений.
  - Таблица результатов расчетов.

# Алгоритм работы с программой

1. Оператор открывает программу и производит калибровку.
2. Для каждой измеряемой трубки оператор вводит её название и производит измерения микроскопом.
3. После завершения всех измерений программа производит расчет геометрии и отправляет результаты на сервер.

# Применяемые алгоритмы машинного зрения и обработки изображений

- Фильтрация изображения по цвету и нахождение центра масс объектов.
  - Определение координат точек на оснастке, **от** которых необходимо проводить измерение.
- Применение связки алгоритмов «Оператор Кэнни» и «Преобразование Хафа».
  - Определение уравнения прямой, принадлежащей трубке, **до** которой необходимо проводить измерение.

# Пример обработки изображения с использованием преобразования Хафа

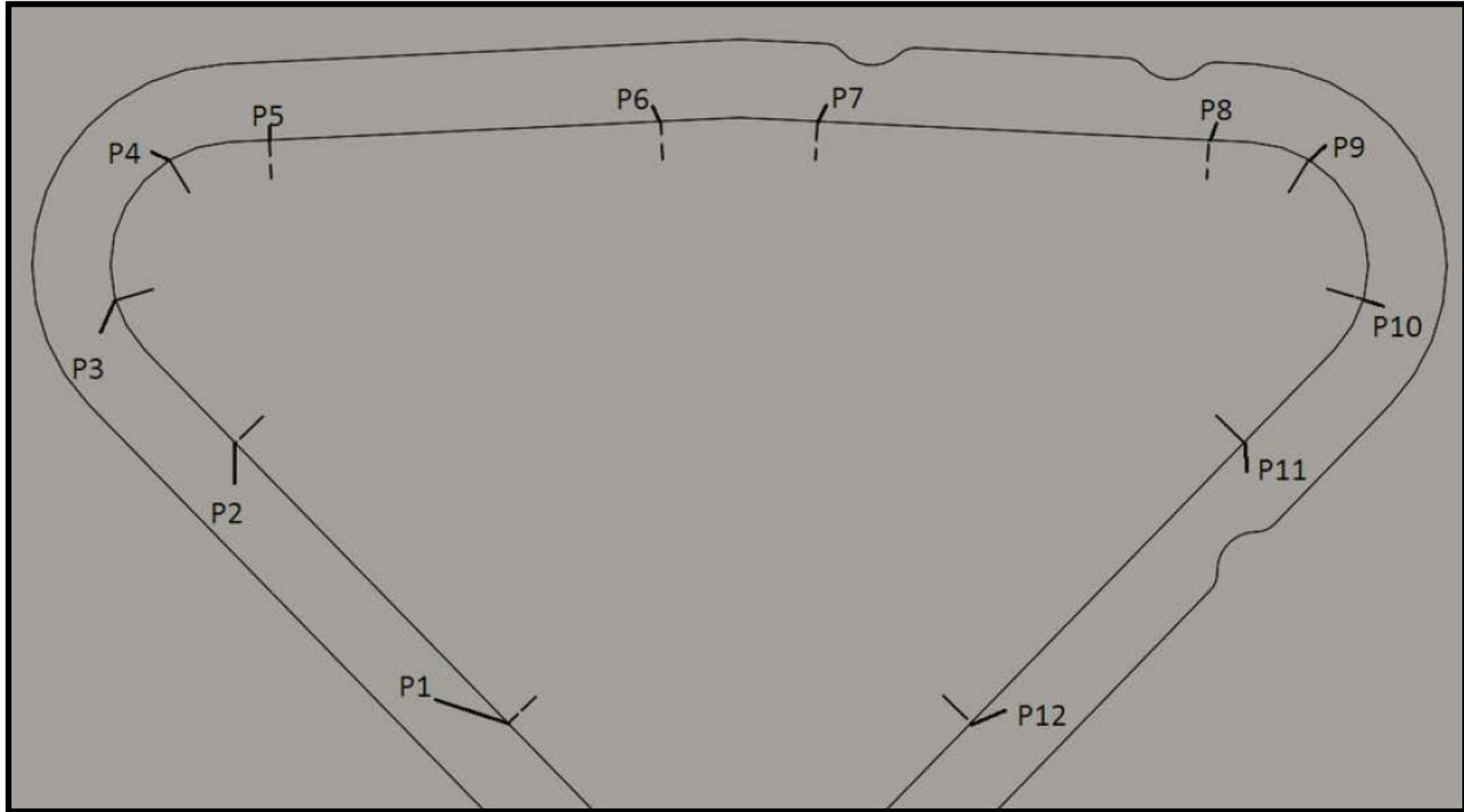


# Расчет геометрических параметров

Выходные данные расчета:

1. Угол между двумя пересекающимися прямыми.
  - Угол левый.
  - Угол правый.
  - Угол центральный.
2. Радиусы гйба и их проверка.
3. Расстояние между перемычками и его проверка.

# Макет измерительной оснастки

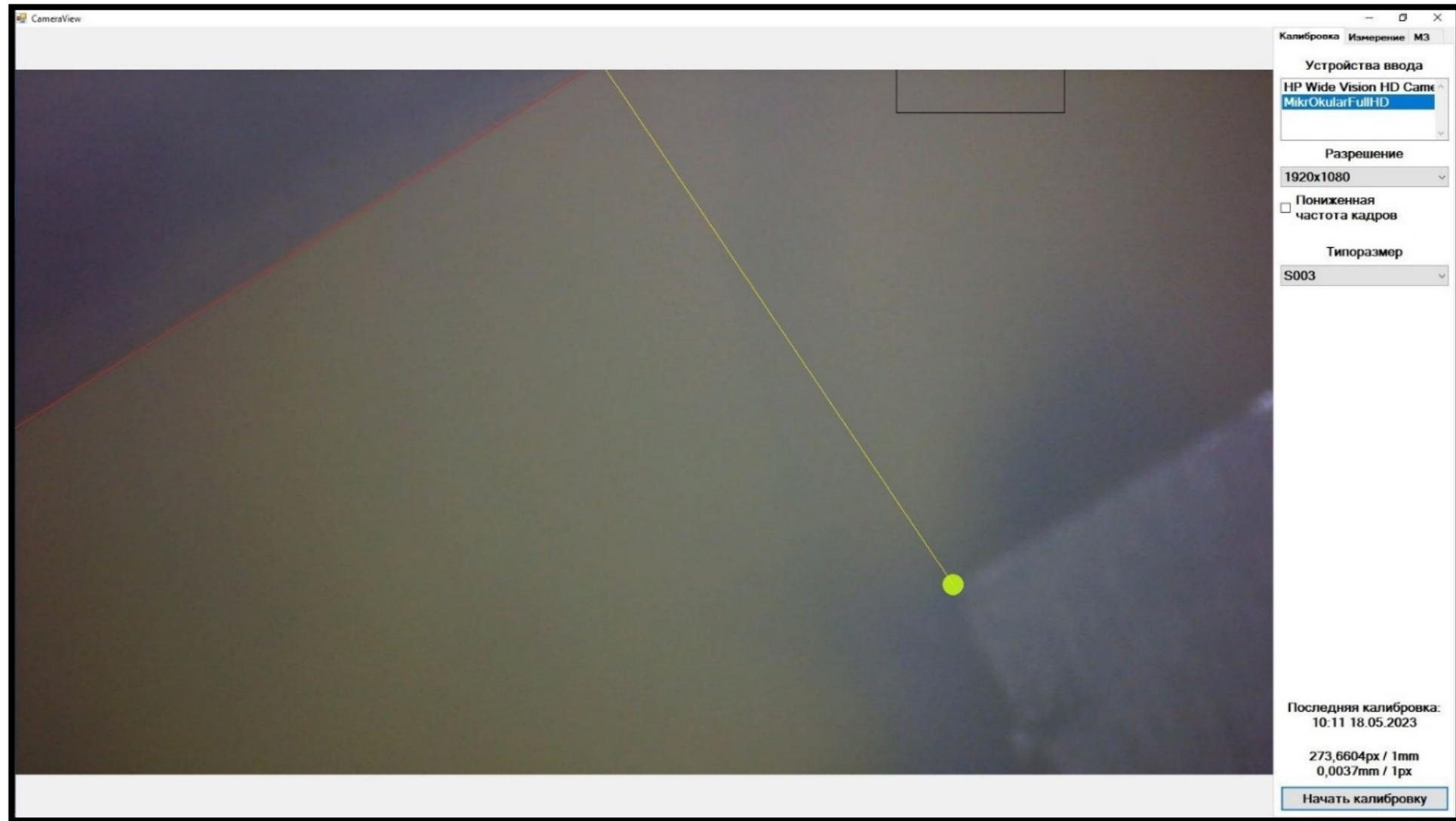


# Расчет геометрических параметров

Алгоритм расчета:

1. Определение базовых прямых.
2. Определение положения прямолинейных участков оси трубки.
3. Определение радиусовгиба по осевой линии трубки.
4. Определение биссектрисы.
5. Определение точки начала биссектрисы и точки, находящейся на некотором расстоянии от начала.
6. Определение линии, соединяющей точки перемычек.
7. Определение координат точек перемычек.

# Интерфейс процесса измерения



# Результат тестирования расчетов

Разница								
3,397E-09	-5,9E-10	-1,4E-10	4,66E-09	8,38E-09	-2,9E-09	2,51E-09	1,03E-08	-4,3E-08
3,397E-09	-5,9E-10	-1,4E-10	4,63E-09	8,22E-09	-2,9E-09	2,51E-09	1,03E-08	-4,3E-08
3,396E-09	-5,6E-10	-2,6E-10	4,99E-09	9E-09	-2,7E-09	2,52E-09	1,03E-08	-4,2E-08
3,395E-09	-5,6E-10	-2,8E-10	4,96E-09	9,03E-09	-2,8E-09	2,52E-09	1,03E-08	-4,1E-08
3,424E-09	-5,7E-10	-2,6E-10	4,9E-09	8,59E-09	-2,8E-09	2,52E-09	1,04E-08	-3,8E-08
3,423E-09	-5,7E-10	-2,8E-10	4,94E-09	8,71E-09	-2,8E-09	2,52E-09	1,04E-08	-3,7E-08
3,389E-09	-5,7E-10	-2,5E-10	4,8E-09	9,11E-09	-2,9E-09	2,51E-09	1,03E-08	-4,2E-08
3,39E-09	-5,7E-10	-2,7E-10	4,81E-09	9,14E-09	-2,8E-09	2,51E-09	1,03E-08	-4,2E-08
3,415E-09	-5,7E-10	-1,5E-10	4,98E-09	8,54E-09	-2,7E-09	2,52E-09	1,03E-08	-3,8E-08
3,415E-09	-5,7E-10	-1,6E-10	5,01E-09	8,51E-09	-2,8E-09	2,52E-09	1,03E-08	-3,8E-08
3,418E-09	-5,7E-10	-1,7E-10	4,86E-09	8,69E-09	-2,8E-09	2,52E-09	1,04E-08	-3,9E-08
3,418E-09	-5,7E-10	-1,8E-10	4,84E-09	8,71E-09	-2,7E-09	2,52E-09	1,04E-08	-3,9E-08

**Спасибо за внимание**