

Система технического зрения для автоматизации технического
контроля.
Модернизация универсальных микроскопов.
Особенности методики координатных измерений железнодорожных
шаблонов

Сурков И.В.
Курочкин А.С.
(ЗАО «ЧелябНИИконтроль»)

1. Система технического зрения для автоматизации технического
контроля.

Современный период развития экономики промышленно развитых стран характеризуется переходом ко второму этапу научно-технической революции – научнотехнологическому, на основе компьютеризации и информатизации.

Перед обществом встают задачи комплексной механизации и автоматизации всего хозяйства. Полная автоматизация позволит перейти к безлюдным технологиям, решить проблемы качества продукции, улучшения условий работы, нехватки рабочих рук.

Проблема автоматизации промышленного производства характеризуется новыми требованиями, основные из которых:

-гибкость (возможность быстрого перепрограммирования системы для внесения изменений в технологический процесс),

-универсальность (возможность применения системы с минимальными изменениями в различных отраслях промышленности),

-очувствленность (возможность реагировать на изменения условий, оптимальным образом перестраивая порядок конкретных действий).

Еще одно важное требование, которому должны удовлетворять системы автоматизации — невысокая стоимость. Решение любой конкретной задачи автоматизации должно быть экономически оправданным.

Современное машиностроение характеризуется быстрой сменой номенклатуры выпускаемой продукции.

Обеспечение качества и гибкости механообрабатывающего производства достигается за счет широкого использования оборудования с числовым программным управлением (станки, промышленные роботы, прессы).

Обеспечение технического контроля на предприятиях российского машиностроения отстает в развитии. В лабораториях и производственных цехах широко применяются контрольные измерительные приспособления, каждое из которых в основном

используется для контроля одного параметра или размера. Используют так же широкую номенклатуру средств допускового контроля (калибры, шаблоны, скобы), что препятствует гибкой оценке качества обработанных деталей.

Однако, контрольные измерительные приспособления и шаблоны эффективны в условиях крупносерийного и серийного производства.

При небольших объемах выпускаемой продукции используют ручные универсальные средства контроля, что снижает производительность и стабильность процесса контроля, требует высокой квалификации оператора-контролера.

За рубежом и в России внедряются новые информационно-измерительные системы, использующие метод координатных измерений. Наибольшее распространение получили координатные измерительные машины, в основном портальной компоновки. Измерения производятся в декартовой системе координат с использованием контактных измерительных головок различной конструкции (тригерных, сканирующих).

Однако существует область изделий, для контроля которых контактный метод не эффективен (пластиковые, резиновые изделия, мелкие, нежесткие, легко деформирующиеся детали). Затруднен контроль сложно-профильных изделий с острыми гранями, таких как режущий инструмент.

В этих случаях используются методы бесконтактного контроля:

- визуально-оптический (в микроскопах и проекторах),
- метод лазерного измерения линейных размеров: лазерные системы бегущего луча, лазерные дифрактометры, лазерные интерферометры, лазерные триагуляционные измерители,
- системы технического зрения (СТЗ).

Основу СТЗ составляет устройство получения видео изображения (обычно одна или несколько цифровых камер), интерфейс для передачи цифрового изображения в компьютер с программным обеспечением для распознавания измеряемых объектов, анализа и расчета необходимых геометрических элементов. Модуль СТЗ обычно встраивается в системы более высокого уровня: КИМ, измерительные микроскопы, приборы для настройки инструмента вне станка.

Основными составляющими таких систем контроля являются:

- механическая часть (обеспечивает базирование и перемещение),
- аппаратная часть (измерительно-вычислительный комплекс, системы определения координат, модуль обработки данных),
- программное обеспечение.

Рассмотрим обобщенную функциональную схему СТЗ (рис.1). На контролируемый объект падает контрастный свет, оптическая головка состоящая из цифровой видеокамеры и телецентрического объектива, снимает изображение контролируемого объекта и цифровой сигнал поступает в ПК для последующей обработки. Информация о положении детали в системе координат прибора поступает с линейных энкодеров, обрабатывается предварительно в специализированном блоке адаптации. Далее данные поступают на ПК. В ПК происходит обработка данных и генерация управляющих сигналов, посылаемых блок управления двигателями приводов.

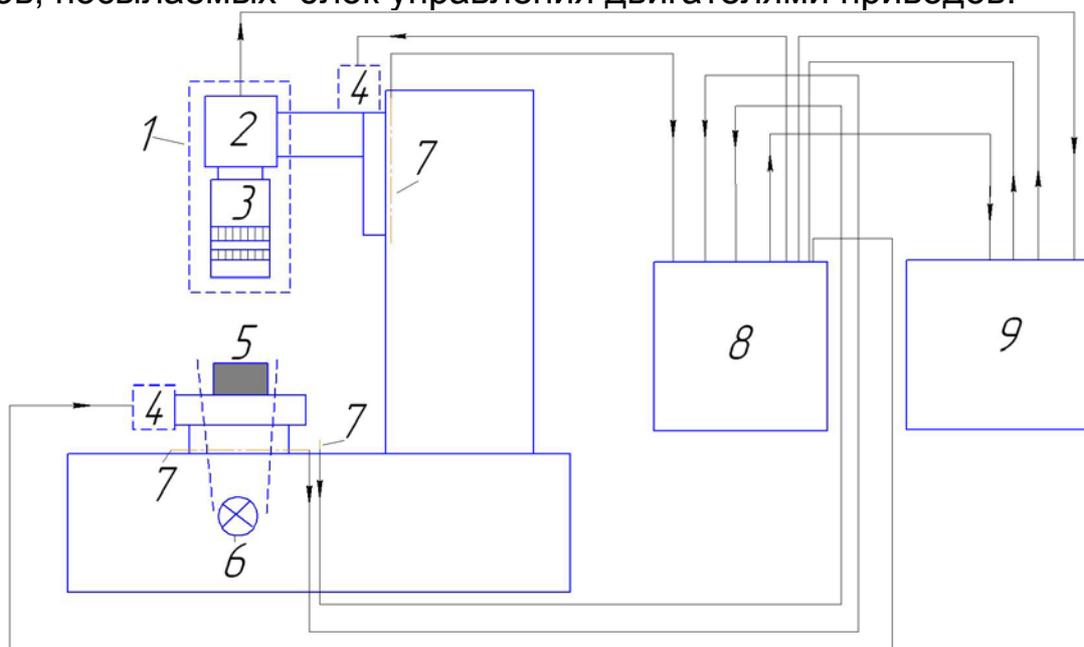


Рис. 1 - Обобщенная функциональная схема СТЗ.

где:

- 1-оптическая головка,
- 2-цифровая видеокамера,
- 3-телецентрический объектив,
- 4-привода перемещения кареток,
- 5-контролируемый объект,
- 6-система подсветки,
- 7-линейные энкодеры,
- 8-блок адаптации данных с линеек и управления двигателями,
- 9-персональный компьютер.

Метод бесконтактного контроля эффективно используется некоторыми зарубежными разработчиками: HOMMELWERKE, Optima, OGP, Zoller, Tesa и др.

В российской промышленности традиционно используются большое число оптических средств контроля: измерительный микроскоп ДИП-3, 6, УИМ-21, 23 прибор для настройки инструмента вне станка 2026, 2027

Однако, процесс измерения на российских приборах не автоматизирован, или автоматизирован только процесс съема текущих координат оптической оси, что приводит к малой производительности и требует высокой квалификации оператора-контролера.

Основное отличие зарубежных измерительных систем в том, что активно используются цифровые средства получения изображения контролируемого объекта, и разработано соответствующее программное обеспечение. Стоимость зарубежных систем достигает 100-250 тыс. евро.

Специалистами ЗАО «ЧелябНИИконтроль» в рамках выполнения комплекса программ разработки серии модульных координатных средств автоматизированного контроля разработан модуль СТЗ для линейных измерений. Решена задача автоматизации контроля железнодорожных шаблонов за счет модернизации универсального измерительного микроскопа ДИП-3.

2. Модернизация универсальных микроскопов.

Модернизация микроскопов нацелена на:

повышение уровня эргономичности, которая достигается за счёт:

- отсутствием необходимости использования окуляров, а так же настройки резкости и фокуса,
- исключения использования проекционного экрана для снятия координат о линейных перемещениях,
- простота считывания изображения и показаний перемещения с экрана монитора,
- возможности обойтись без записи координат и последующего их ручного пересчета,

повышение уровня автоматизации, выражающейся в:

- наличие встроенного языка программирования, позволяющего вести автоматизированную обработку данных контроля,

повышение точности за счет использования современных отсчетных систем.

Модернизация микроскопов включает в себя следующие этапы:

Этап 1.. Замена старой отсчетной системы (оптических шкал, дифракционных решеток, датчиков ПЛП, ПИЛП) на прецизионные линейные энкодеры RENISHAW (рис.2) или других производителей.

Оптические энкодеры RENISHAW относятся к серии высокоточных линейных измерительных преобразователей, обеспечивающих минимальную погрешность измерения и высокую стабильность сигнала. Их конструкция обеспечивает простоту установки и устойчивость к загрязнению.



Рис. 2 - Оптические энкодеры RENISHAW.

Этап 2. Установка нового микропроцессорного электронного блока.

Блок (рис.3) обеспечивает прием сигналов с энкодеров и их преобразование в компьютерный формат. Подключение к ПК производится через стандартный USB интерфейс (не требуется установки каких-либо специализированных разъемов и плат расширения). Возможны различные виды исполнения корпусов, со встроенными и внешними блоками питания.



Рис. 3 – микропроцессорный электронный блок и блок питания.

Этап3. Установка цифровой видеокамеры.

На микроскоп ДИП-3 устанавливается цифровая видеокамера (рис.4)

Особенности камеры:

- разрешение до 5,17 Мп,
- возможность работы в цветном и квази-черно-белом режиме для повышения разрешающей способности,
- максимальное отношение сигнал/шум до 45 дб, обеспечивающее наилучшее различение малоcontrastных объектов,
- передача видеосигнала и сигналов управления параметрами камер по скоростному Plug and Play интерфейсу, интерфейсу USB 2.0



Рис. 4 - Установка цифровой видеокамеры.

Этап 4. Установка персонального компьютера.

Автоматизация, получение и обработка видео изображения обеспечивается персональным компьютером (рис.5) В качестве опции может быть установлен дополнительный монитор, выносной пульт и принтер

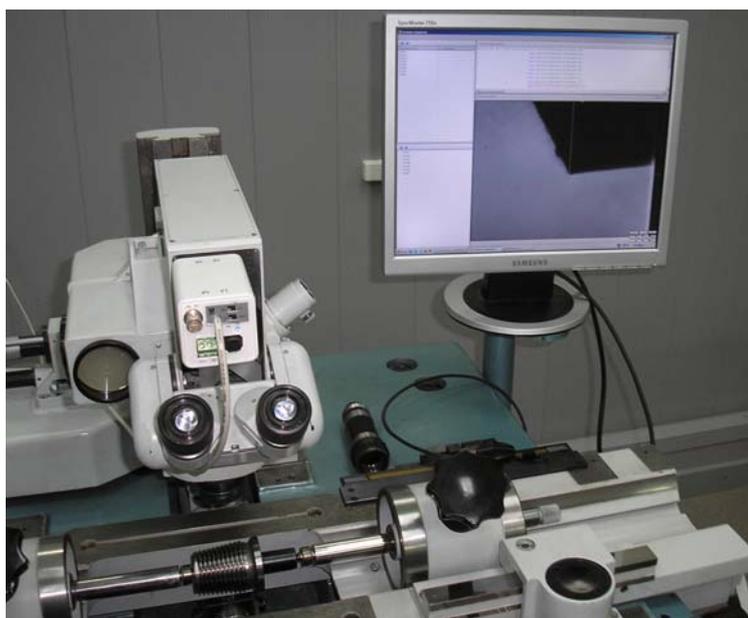


Рис. 5 - Установка персонального компьютера.

Для полной автоматизации цикла измерения возможна установка приводов и контроллера.

Этап 5. Программное обеспечение (ПО)

Эффективная работа СТЗ зависит от возможностей ПО (рис.6). В настоящий момент ПО позволяет:

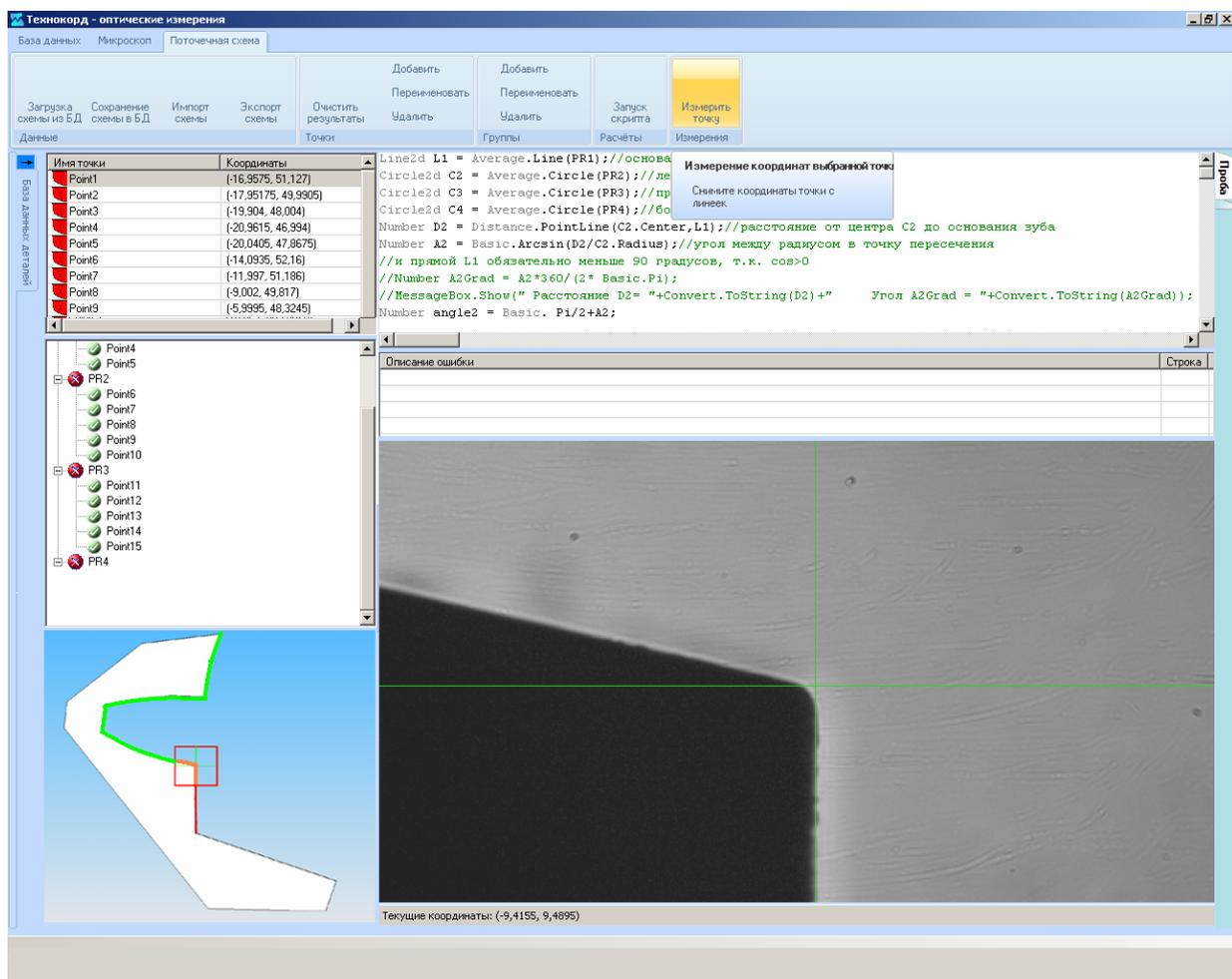


Рис. 6 - Скриншот программного модуля.

- работать в абсолютной и относительной системе координат (обнуление показаний линеек в любой точке, связь различных систем координат детали);

- вводить калибровочные таблицы и поправочные коэффициенты для учета погрешностей линеек, отклонений от прямолинейности и перпендикулярности направляющих микроскопа;

- встроенная в ПО база данных обеспечивает хранение сведений по всей номенклатуре контролируемых деталей (возможна дополнительная адаптация к номенклатуре Заказчика), автоматизированный поиск и обработку измерительной информации, программ измерения, протоколов результатов контроля;

-разрабатывать и редактировать программы для многопараметрических измерений деталей в ручном режиме с помощью редактора схем измерения (обеспечивает генерацию набора экранных инструкций, описывающих последовательность выполняемых контролером приемов и переходов контроля детали на микроскопе)

-разрабатывать и редактировать программы для многопараметрических измерений деталей в автоматическом цикле (при комплектации микроскопа дополнительными приводами и контроллером) с помощью разработанного специализированного языка скриптов для управления координатными перемещениями узлами микроскопа и программного модуля визуализации;

-встроенный специализированный язык скриптов для математической обработки данных координатных измерений и расчета заданных линейных и угловых параметров детали (в т.ч., аппроксимация результатов многоточечных измерений методом прилегающих поверхностей и методом Гаусса): размеров элементов (диаметров и радиусов окружностей), координатных размеров, угловых размеров, отклонений от номинальных размеров, отклонений формы и расположения поверхностей (отклонение соосности, отклонения параллельности, отклонение от перпендикулярности, отклонения наклона и т.д.);

-сохранять в базе данных протоколы проведенных операции контроля;

-выводить на печать протоколы измерений.

Этап 6. Калибровка погрешностей направляющих микроскопа и установленных линеек с использованием современного лазерного интерферометра Renishaw (рис.7).



Рис. 7 – Процесс калибровки.

Этап 7. Обучение и подготовка персонала к работе .

Этап 8. Адаптация базы данных к номенклатуре Заказчика.

3. Особенности методики координатных измерений железнодорожных шаблонов.

Для контроля железнодорожных шаблонов на модернизированном микроскопе ДИП-3 используется метод координатных измерений. Для математической обработки данных координатных измерений разработан специальный язык программирования.

Процесс измерения сводится к определению координат необходимого числа точек, принадлежащих тому или иному геометрическому элементу контролируемой детали (прямая, окружность, дуга окружности, сплайн).

В дальнейшем происходит математическая обработка полученных значений координат:

- -по точкам одной группы аппроксимируются прямые, окружности, сплайны,
- -нахождение пересечений двух прямых, двух окружностей, прямой и окружности,
- -построение проекции точки на прямую,
- -вычисление линейных размеров от точки до точки, от точки до прямой, от точки до окружности,
- -расчет углов между двумя прямыми,
- -расчет отклонения от параллельности, от перпендикулярности, наклона, от соосности.

При составлении методики координатных измерений следует учитывать следующие рекомендации:

- - расчет расстояний должен производиться от базовых поверхностей, с учетом ранее существовавших методик контроля,
- -в зависимости от служебного назначения каждого контролируемого параметра необходимо учитывать, какой способ расчет должен быть выбран: метод минимума, максимума, или среднего,
- -возможны случаи, когда для вычисления того или иного геометрического параметра не существует стандартного математического оператора в языке обработки данных. В таком случае, решение может быть найдено путем выведения геометрических зависимостей с использованием имеющихся математических операторов.

Рассмотрим на примере конкретной контролируемой детали методику проведения измерения.

Шаг 1. Анализ чертежа контролируемой детали (рис.8), ознакомление с её служебным назначением.

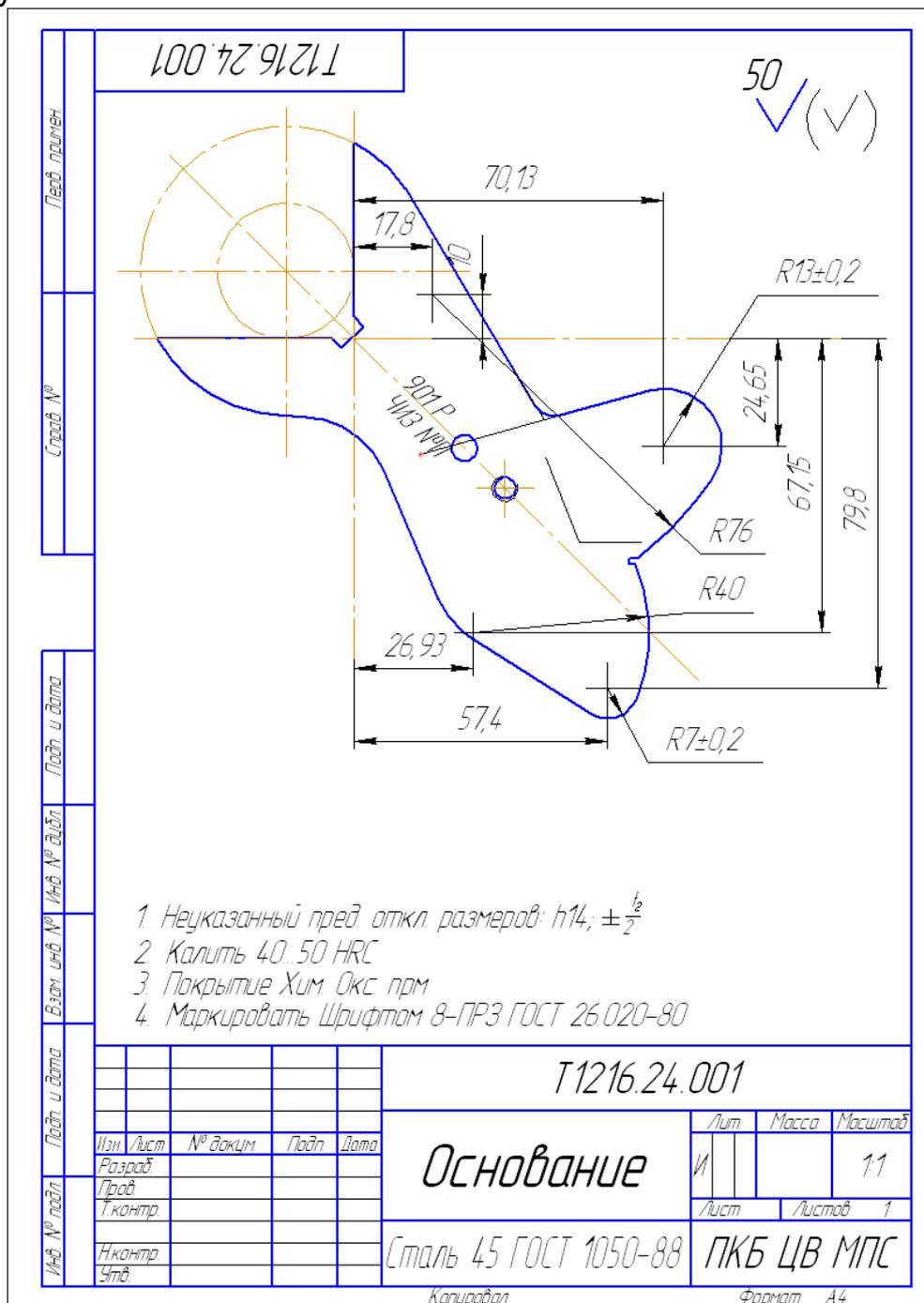


Рис. 8 —Чертеж детали.

Шаг 3. Выявление контролируемых параметров(рис.9).

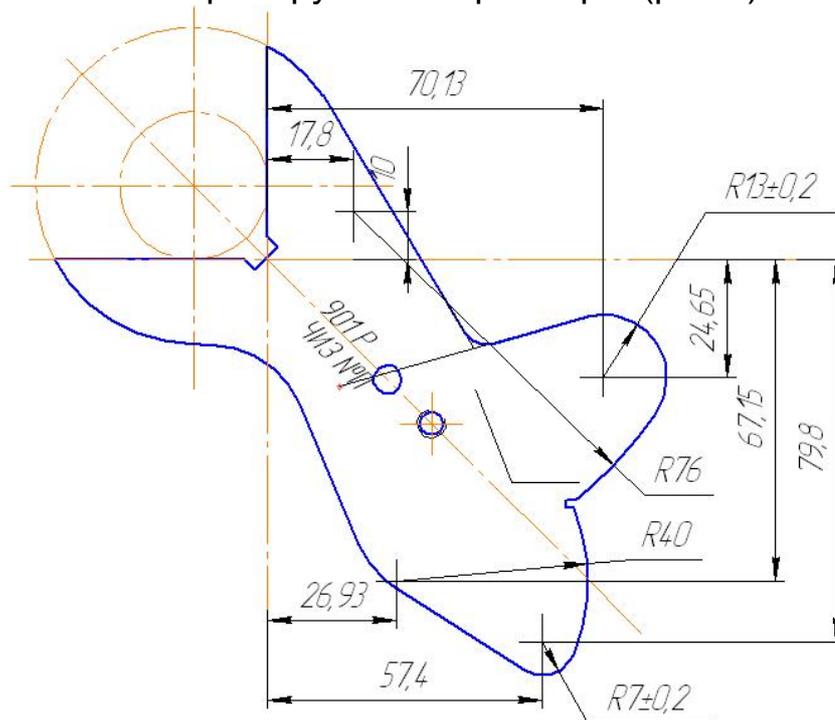


Рис. 9 –Контролируемые параметры детали.

Шаг 4. Разбиение контура (рис.10) контролируемой детали на геометрические примитивы (прямые и дуги окружностей и пр.).

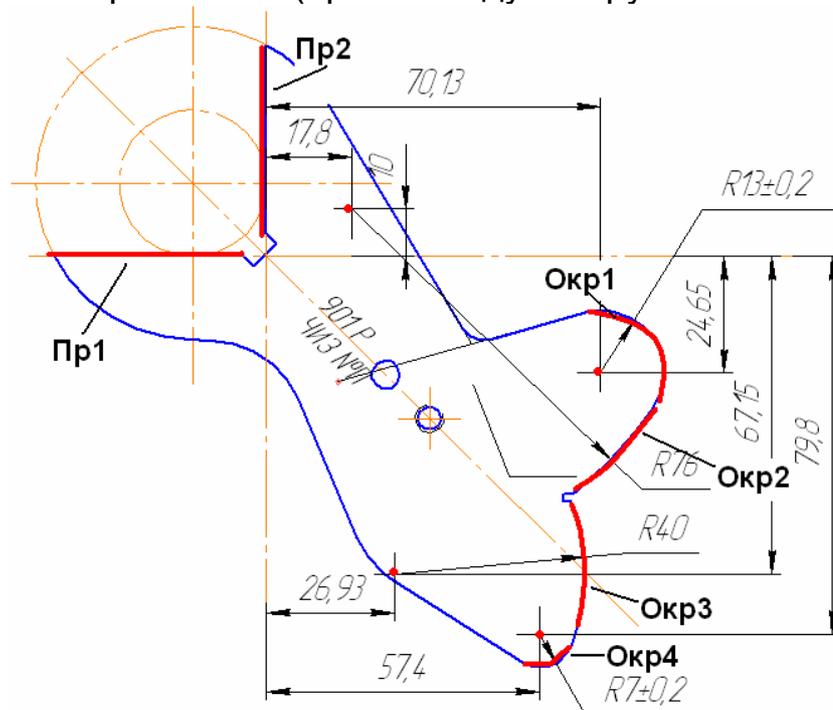


Рис. 10 – Примитивы контуров детали.

Шаг 5. Выбор необходимого числа контролируемых точек (рис.11) на каждом из геометрических элементов.

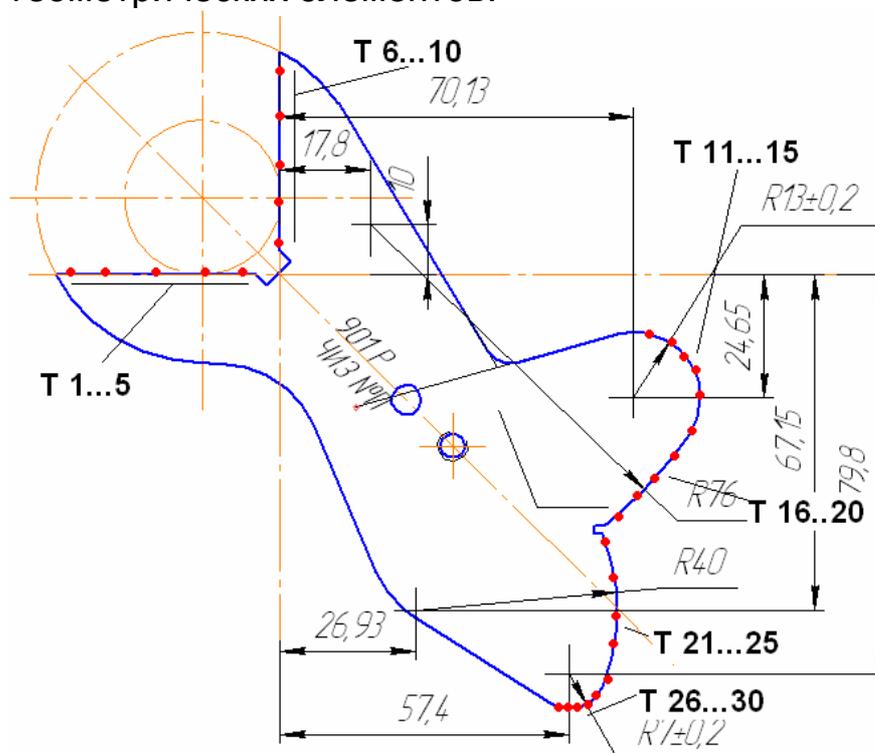


Рис. 11 – Простановка контролируемых точек.

Шаг 6. Составление в специализированном программном модуле (рис.12) текста управляющей программы обработки данных, позволяющего посредством математических операторов произвести обработку данных и вывести на печать протокол измерения.

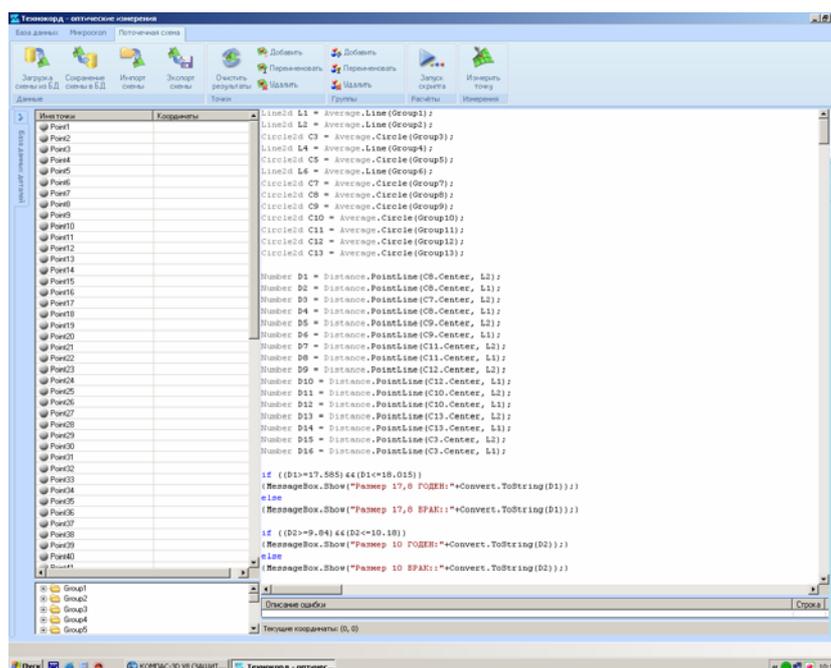


Рис. 12 - Скриншот программного модуля.

Фрагмент текста управляющей программы:

...

```
Line2d L1 = Average.Line(Group1);
```

```
Line2d L2 = Average.Line(Group2);
```

```
Circle2d C1 = Average.Circle(Group3);
```

```
Circle2d C2 = Average.Circle(Group4);
```

```
Circle2d C3 = Average.Circle(Group5);
```

```
Circle2d C4 = Average.Circle(Group6);
```

```
Number D1 = Distance.PointLine(C3.Center, L2);
```

```
Number D2 = Distance.PointLine(C3.Center, L1);
```

...

Шаг 7. Поконтурный обход контролируемых точек и запись координат их положения в программный модуль.

Далее происходит автоматический расчет контролируемых параметров и вывод на печать протокола технического контроля.