

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)»  
Факультет «Механико-технологический»  
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент, должность

Зам. декана пр.  
Курочкин А.С.  
«30» мая 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, д.т.н.

В.И. Гузеев /  
«30» мая 2017 г.

Исследование влияния стратегии координатных измерений и методов математической аппроксимации на точность определения размеров и геометрических отклонений цилиндрических поверхностей

ПОЯНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–150405.2017.233.00.ПЗ ВКР

Руководитель проекта, должность

Доцент, к.т.н.

И. В. Сурков /  
«30» мая 2017 г.

Автор работы

студент группы П-261

Н.Е. Миронова /  
«30» мая 2017 г.

## АННОТАЦИЯ

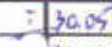


Миронова Н.Е. Выпускная квалификационная работа по специальности «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».  
– Челябинск: ЮУрГУ, П-261, 2017,  
112 с., 72 ил., 2 табл., библиогр.  
список – 23 наим., 6 прил..

Объектом исследования являются координатные измерения цилиндрических отверстий деталей машиностроения.

Цель работы – повысить степень автоматизации процессов проектирования технологий измерения цилиндрических отверстий деталей машиностроения и уменьшить методическую погрешность результатов измерений.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования отдельных цилиндрических отверстий на КИМ при различных входных данных.

Так же была разработана конструкторско-метрологическая модель детали, состоящая из конструкторско-метрологических элементов (КМЭ). Предложена классификация КМЭ на основе существующих. Разработано информационное алгоритмическое обеспечение для передачи данных между метрологическим программным обеспечением различных производителей.

|   |             |                 |   |             |
|---|-------------|-----------------|---|-------------|
| 150405.2017.233.00.ПЗ                                     |             |                 |   |             |
| <i>Изм.</i>   | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i>  | <i>Дат</i>  |
| Разраб.   |             | Миронова Н.Е.   |  | 30.05       |
| Провер.   |             | Сурков И.В.     |  | 30.05       |
| Реценз.   |             |                 |   |             |
| Н. Контр.   |             |                 |   |             |
| Утверд.   |             | Израев В.И.     |  | 30.05       |
| Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе |             |                 |   |             |
|   |             |                 | <i>Лит.</i>   | <i>Лист</i> |
|   |             |                 |   | 4           |
|   |             |                 | Листов  |             |
|   |             |                 | 112   |             |
| ЮУрГУ<br>Кафедра ТАМ                                      |             |                 |   |             |

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| АННОТАЦИЯ .....   | 4  |
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 9  |
| 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ .....   | 10 |
| 1.1 Назначение объекта и предмета ВКР, анализ существующих классификаторов типовых поверхностей деталей машиностроения .....  | 10 |
| 1.2 Анализ литературы в области координатных измерений.....   | 20 |
| 1.3 Выводы.....   | 22 |
| 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ .....  | 24 |
| 2.1 Разработка конструкторско-метрологической модели детали.....  | 24 |
| 2.2 Разработка подробной классификации конструкторско-метрологических элементов цилиндрических отверстий.....                 | 33 |
| 2.3 Разработка библиотеки типовых методик координатных измерений для цилиндрических отверстий деталей машиностроения.....     | 41 |
| 2.4 Выводы.....   | 44 |
| 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....  | 47 |
| 3.1 Цель и задачи проведения экспериментов .....  | 48 |
| 3.2 Исследование точности типовых методик координатных измерений цилиндрических отверстий деталей машиностроения на КИМ ..... | 48 |
| 3.2.1 Используемое измерительное оборудование.....  | 49 |
| 3.2.2 Используемая технологическая оснастка.....  | 68 |
| 3.2.3 Методика проведения экспериментальных исследований.....   | 72 |
| 3.2.4 Анализ эффективности разработанных метрологических решений.....   | 74 |
| 3.2.5 Подготовка статей по результатам практических исследований .....  | 77 |
| 3.3 Обработка и анализ результатов .....  | 80 |
| 3.4 Выводы.....   | 88 |
| 4 УПРАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТАМИ ВКР .....   | 89 |
| 4.1 Разработка информационных таблиц для ПО ТЕХНОкоорд.....   | 89 |
| 4.2 Выводы.....   | 94 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 95 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....  | 96 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А  |    |
| Акт проверки ВКР на анти плагиат.....   | 99 |

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 7    |

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Структура кодировки геометрии детали в step формате..... 101

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Программа для генерации выборок по 5, 10 и 30 точек..... 102

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Программа для измерения кольца в ПО PS&MC ..... 105

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Пример фрагмента отчёта программы измерения кольца на КИМ ..... 114

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Программа для считывания необходимых данных из протокола..... 115

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  | 8    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |      |

## ВВЕДЕНИЕ

Любое изделие для успешного выполнения своего служебного назначения должно обладать соответствующим качеством. К свойствам, характеризующим качество изделия как объекта эксплуатации, относятся геометрическая точность, прочность, жесткость, износостойкость, виброустойчивость, теплостойкость и др.

Как известно, современная тенденция развития машиностроительного комплекса – повышение точности машин, механизмов, узлов и деталей, входящих в них. Примером могут служить нанотехнологии, где допуски изготовления находятся в пределах долей микрона.

Точность изделия задается исходя из функционального назначения, условий работы деталей в узле и узлов в механизме. На практике, достижение абсолютной точности деталей невозможно вследствие возникновения неизбежных погрешностей при обработке. Поэтому точность определяется заданной погрешностью или допуском на размерный элемент, геометрическую форму и взаимное расположение поверхностей деталей.

С появлением координатно-измерительных машин (КИМ) расширились возможности по измерению отклонений формы и расположения различных поверхностей детали: поворотные модули, измерительные головки (ИГ) и конфигурации измерительных наконечников (ИН) позволяют за один установ собрать массив координат точек практически со всех поверхностей. Однако достоверность полученных результатов зависит только от оператора КИМ, ведь в России нет нормативных документов или методик координатных измерений (МКИ), регламентирующих выбор стратегий измерения и алгоритмов аппроксимации.

Правильный выбор стратегии и способа аппроксимации увеличит производительность, повысит достоверность полученных результатов и в итоге снизит себестоимость готовой продукции, поэтому возникает необходимость разработки российских МКИ.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 9    |

## 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Анализ современных тенденций развития машиностроительного комплекса показал, что обеспечение качества выпускаемой продукции в современном многономенклатурном производстве невозможно без гибких систем автоматизированного контроля.

На предприятиях необходимо внедрять новые наиболее эффективные на сегодняшний день координатные измерительные машины (КИМ), приборы и системы (КИС).

Принципиальная основа координатного метода измерения заключается в том, что любую поверхность или профиль можно представить состоящей из бесконечного числа отдельных точек и если известно положение в пространстве какого-то ограниченного числа этих точек (массив точек), т. е. определены их координаты, то по соответствующим формулам (алгоритмам) можно рассчитать размеры этих поверхностей (профилей) и отклонения формы, а также определить расположение поверхностей (профилей) в пространстве и между собой (координатные размеры и отклонения расположения).

Но, не смотря на высокий потенциал координатных измерений, в России всё ещё отсутствует необходимая законодательная база. Поэтому на предприятиях, активно использующих координатные измерения, необходимо создавать методики и рекомендации, которые впоследствии станут основой государственных стандартов.

1.1 Назначение объекта и предмета ВКР, анализ существующих классификаторов типовых поверхностей деталей машиностроения

Исходя из названия темы данной ВКР научным направлением является область машиностроения. Направление исследования – повышение эффективности координатных измерений цилиндрических отверстий. Объект проводимого исследования — это координатные измерения цилиндрических отверстий деталей машиностроения, предмет – типовые методики координатных измерений (МКИ) цилиндрических отверстий деталей. По

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 10   |

выбранному предмету ВКР видно, что он более узок и конкретен, чем объект, и гармонично вписывается в выбранную тему. В данной работе сделан упор именно на цилиндрические отверстия, как на один из самых распространённых типовых элементов машиностроительной (и не только) отрасли. Отчасти такие объект и предмет выбраны ввиду наличия в свободном доступе в лаборатории ЗАО «ЧелябНИИконтроль» действующей аттестованной КИМ, а так же набора шаблонов-колец в качестве деталей для экспериментов с заранее известными диаметрами и отклонениями формы.

Прежде чем выдвигать гипотезу и планировать эксперименты, необходимо создать подходящую классификацию типовых поверхностей деталей машиностроения. Обзор существующих разделений поверхностей значительно упростит и ускорит работу.

В машиностроении для упрощения создания технологического процесса (ТП) с помощью специализированного программного обеспечения (ПО) предпринималось множество попыток разделить типовые поверхности деталей машиностроения по различным признакам и свойствам. Однако все разработанные классификации отвечали лишь ограниченному списку параметров: система связей, подходящая для создания ТП механической обработки (МО) не до конца подходила для конструкторских целей, и наоборот. Про метрологию в данных классификациях зачастую и вовсе забывали. Поэтому попытки создать единый универсальный классификатор не прекращаются, и эта задача в каждом ПО решена по-своему. Для данной ВКР рассмотрены основные, наиболее подходящие (и простые в доступе) существующие иерархии поверхностей.

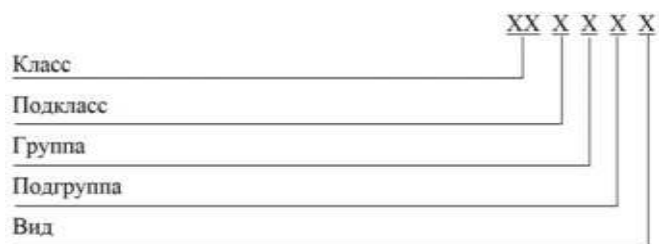
Первой рассмотренной и самой известной классификацией типовых поверхностей в Советском Союзе являлся «Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного применения, классы 40 и 50» [1].

Данный классификатор входил единую классификационную систему обозначения изделий и конструкторских документов. Создание такой системы обеспечивало оптимальные условия для быстрого тематического поиска

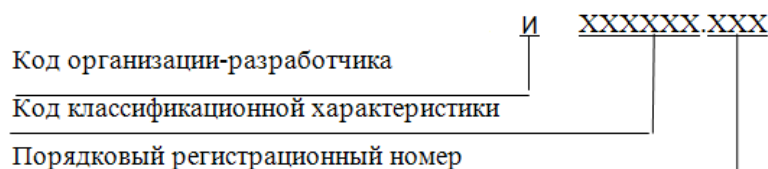
|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 11   |

чертежей деталей для заимствования их при проектировании новых изделий в условиях работы без компьютера; использования в производстве чертежей, разработанных другими предприятиями, без изменения их обозначения или введения дополнительного обозначения; значительно повышался уровень унификации и стандартизации изделий; сокращалось номенклатура.

Данная система предусматривала следующую структуру обозначения изделия и его конструкторского документа:



Трехзначный порядковый регистрационный номер (от 001 до 999) присваивался детали организацией-разработчиком в пределах определенной классификационной характеристики, структура которой имела следующий вид:



Классификация, на основе которой была сформирована такая характеристика, представляла собой десятичную иерархическую систему с пятью уровнями деления.

Каждый класс последовательно делился на девять подклассов, каждый подкласс – на девять групп, каждая группа – на девять подгрупп, каждая подгруппа – на девять видов. Для кодирования классификационных группировок (подклассов, групп, подгрупп и видов) использовались цифровые знаки от 1 до 9.

Деление деталей на классификационные группировки осуществлялось на основе классификационных признаков, характеризующих свойства деталей, наиболее существенных для решения поставленных задач. С каждой



последующей ступенью деления классифицируемого множества возрастала степень конкретности классификационных признаков. Все детали делились на отраслевые и общемашиностроительные. К общемашиностроительным относились такие, которые не являются специфическими для какой-либо одной отрасли по конструкции, габаритным размерам, материалам, массам, технологии изготовления и т. д. в качестве классификационных признаков для деталей общемашиностроительного применения были выбраны следующие:

- геометрическая форма детали;
- конструктивная характеристика отдельных элементов детали;
- взаимное расположение элементов детали;
- параметрический признак;
- наименование детали;
- выполняемая деталью функция.

Геометрическая форма детали являлась наиболее объективным и стабильным признаком при ее описании. Наименование детали и выполняемая деталью функция использовались в качестве классификационных признаков только в том случае, когда они наиболее точно характеризовали деталь и понимались однозначно во всех отраслях техники. Например, колесо зубчатое, вал коленчатый, винт ходовой, рычаг, пружина.

Все множество деталей по основной геометрической форме наружной поверхности было разделено на два класса: класс 40 «Детали общемашиностроительного применения – тела вращения» и класс 50 «Детали общемашиностроительного применения – кроме тел вращения». Примеры деталей из класса 40 приведены на рисунке 1, из класса 50 – на рисунке 2.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 13   |

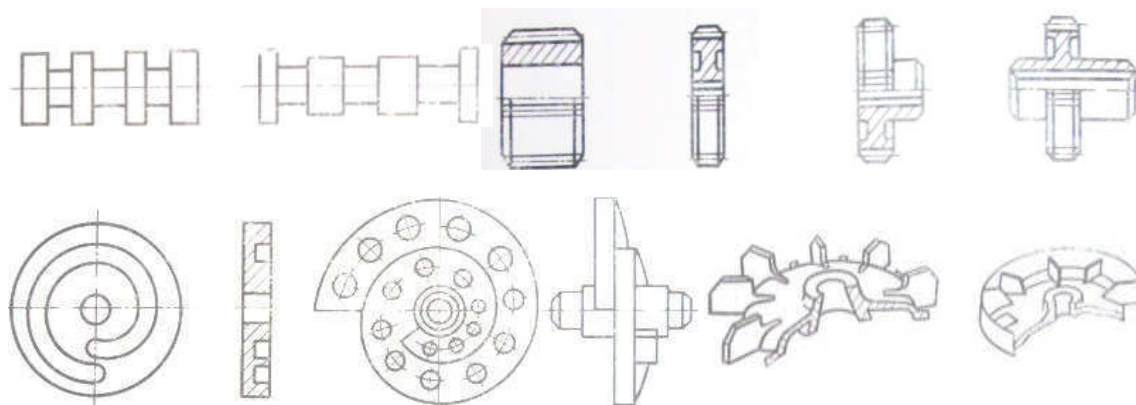


Рисунок 1 – Примеры деталей из класса 40 (тела вращения)

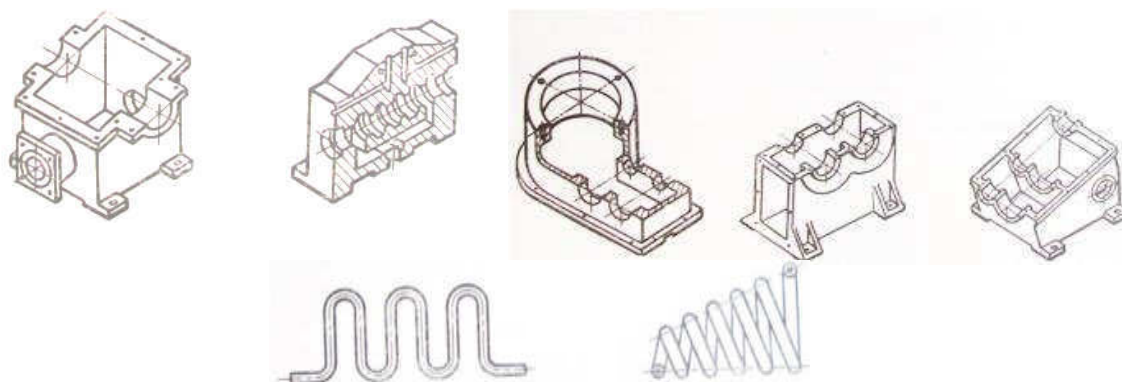


Рисунок 2 – Примеры деталей из класса 50

(детали общемашиностроительного применения – кроме тел вращения)

Достоинства данной классификации:

- позволяет структурировать всё многообразие существующих (и новых) деталей;
- даёт возможность дальнейшего увеличения номенклатуры;
- использовалась в Советском Союзе (т.е. пригодна для использования в реальном производстве).

Недостатки:

- не учитывает способ получения заготовки (все виды литья, штамповка, и т.д.);
- не даёт классификацию типовых поверхностей деталей машиностроения (цилиндр, плоскость, конус и т.д.);

- не учитывает способ получения поверхностей детали (точение, фрезерование, шлифование и т.д.);
- не отражает конструкторских, технологических и метрологических требований к поверхностям детали;
- требует большого опыта для уверенного использования.

Следствием недостатков является большая сложность автоматизации работы данной системы (трудно написать соответствующее программное обеспечение). Данная классификация успешно существовала в прошлом, когда обмен чертёжной документацией был возможен. В настоящее время это практически невозможно, т.к. большинство чертежей являются интеллектуальной собственностью и коммерческой тайной, что препятствует развитию этой системы.

Автором второй рассмотренной классификацией является Глухов В. И. [2], который писал, что взаимосвязи отклонений положения, размеров и формы поверхностей деталей, правильное нормирование допусков и разработка методик выполнения измерений наиболее полно могут быть осуществлены с помощью моделей деталей. Под понятием модель подразумевалось графическое изображение всех элементов детали вместе с отклонениями рабочих поверхностей в обобщенной системе координат, принадлежащей детали в целом. Он классифицировал поверхности детали согласно теории базирования по служебному назначению:

- исполнительные поверхности, с помощью которых деталь выполняет свои рабочие функции;
- основные конструкторские базы, определяющие положение детали в изделии;
- вспомогательные конструкторские базы, определяющие положение присоединяемых деталей;
- свободные поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей.

По мнению В.И. Глухова, физическую модель детали можно рассматривать как абсолютно твердое тело, состоящее из совокупности материальных точек. Выделяя материальную точку как часть тела детали, выполняющую одно служебное назначение, можно прийти к совокупности геометрических элементов, образующих деталь (рисунок 3). Такими простейшими геометрическими элементами, ограничиваемыми одной поверхностью, являются цилиндр, конус, сфера и тор. К ним же относятся призматические элементы, образованные двумя плоскими поверхностями (рисунок 4): плоскопараллельный (а) и угловой (б).

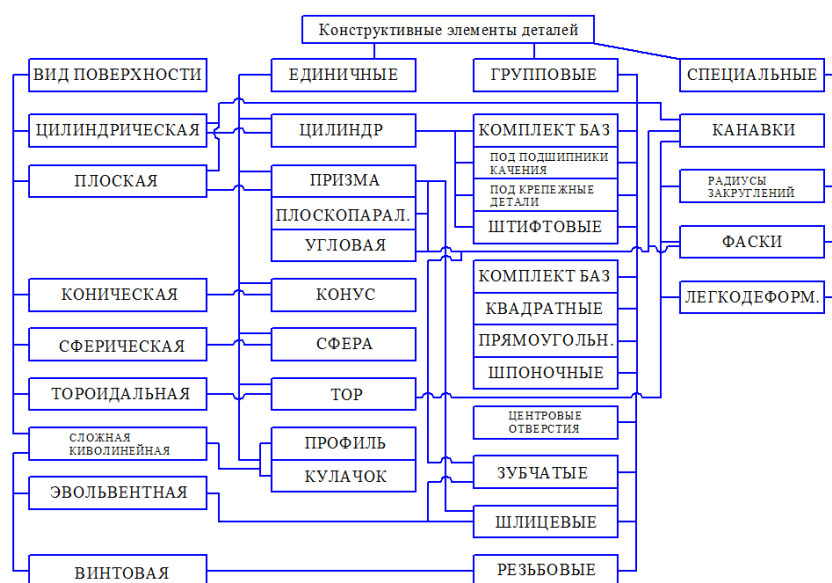


Рисунок 3 – Геометрические элементы, образующие деталь

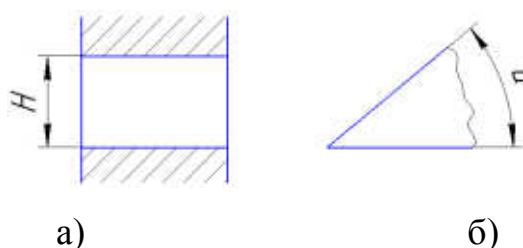


Рисунок 4 – Пример элементов (призматические)

В классификации Глухова для выполнения одной функции служебного назначения простейшие (единичные) элементы, базы и (или) исполнительные поверхности детали объединяются в более сложные групповые элементы:

комплекты баз, шлицевые элементы, зубчатые элементы, отверстия под крепежные детали и др. (рисунок 5). Отдельно расписано содержание и структура линейно-угловых размеров и геометрических отклонений деталей.

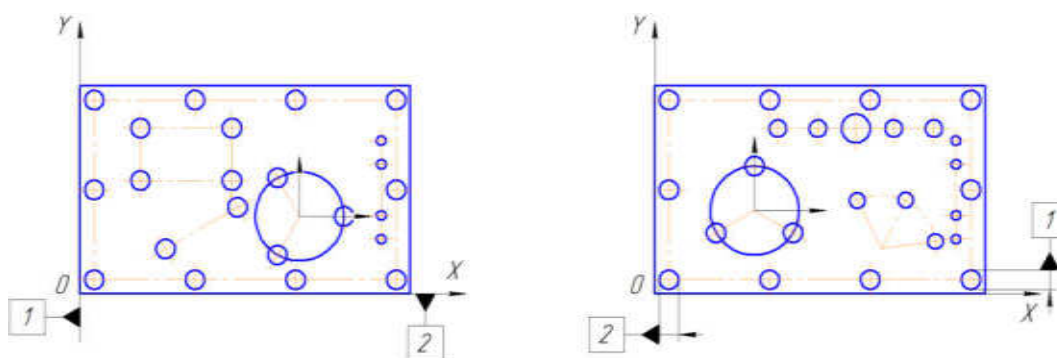


Рисунок 5 – Сложные групповые элементы

Достоинства:

- описывает типовые поверхности деталей машиностроения и требования к ним;
- позволяет подробно описать все особенности структурируемых элементов;
- более проста для автоматизации, по сравнению с иллюстрированным определителем деталей общемашиностроительного применения.

Недостатки:

- не использовалась на производстве (возможно, её внедрение выявит непрогнозируемые сложности);
- элементы системы не пересекаются друг с другом (отсутствует внутренняя взаимосвязь);
- сложность внесения новых элементов в классификацию (в отсутствие автора не всегда однозначно, куда следует отнести новый элемент);
- некоторые тонкости усложняют автоматизацию и синхронизацию частей классификации.

В итоге можно сделать вывод, что эта классификация не до конца соответствует метрологическим требованиям (не описывает соответствие типовой поверхности со способом её получения алгоритмам контроля).

Автором третьего рассмотренного всеобъемлющего разделения деталей является Базров Б. М. [3], который применял модульный принцип, давно и широко применяемый в разных отраслях промышленности.

Модульный принцип – особенность построения технических систем, заключающаяся в подчинении их размеров проектному модулю (модулям) и (или) в обеспечении возможности комплектования разнообразных сложных нестандартных технических систем с большим различием характеристик из небольшого, экономически обоснованного количества типов и типоразмеров одинаковых первичных (типовых или стандартных) общих модуль-элементов [А. Л. Васильев].

Модульный принцип широко и успешно применяется в строительной индустрии, где здания строятся из стандартных элементов, а также в судостроении, машиностроении и других отраслях промышленности. Этот принцип чем-то напоминает детский конструктор: из одних и тех же блоков при должном умении можно собирать совершенно различные вещи. При реализации данного принципа часто используется метод базового изделия, когда при одной и той же основе изделия меняются некоторые его присоединяемые элементы (модули). Аналогичный принцип часто используется в сквозных системах проектирования ТП (новых и старых).

Б.М. Базров считает, что внедрение модульного принципа в машиностроительное производство должно начинаться с модульного построения изделия. При этом следует исходить из того, что действенным, эффективным применением модульного принципа будет только в том случае, если модули будут представлять собой объективно существующие элементы. В этом случае модули приобретают общий характер для машиностроения и могут применяться при построении любого изделия.

Классификация модулей машиностроения приведена на рисунке 6.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 18   |

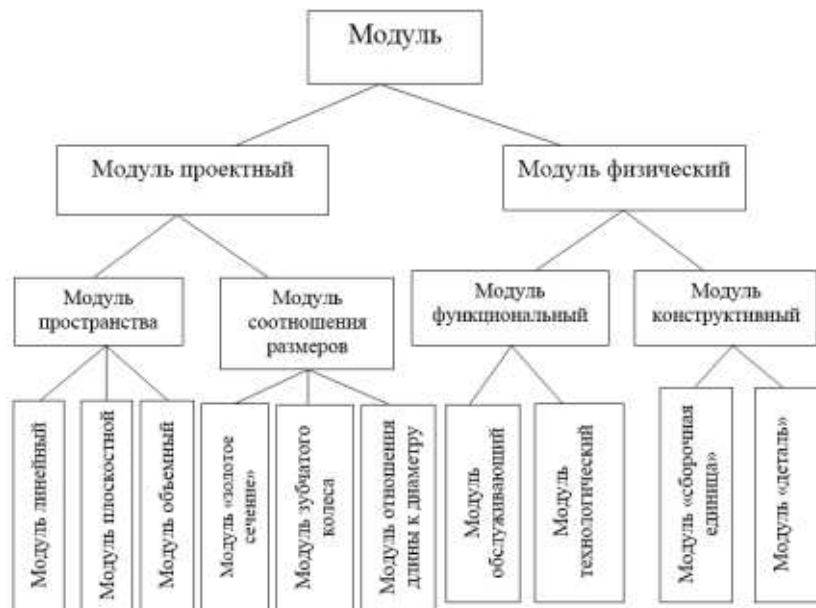


Рисунок 6 – Классификация модулей машиностроительных изделий

Классификация поверхностей деталей по Базрову приведена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Классификация поверхностей деталей

Достоинства данной классификации:

- простота автоматизации с помощью ПО;
- абстракция;
- модульность и понятная иерархия;
- устойчивость;
- унификация элементов.

Недостатки:

- отсутствие конструкторских, технологических и метрологических требований к поверхностям детали;
- отсутствие однозначных взаимосвязей между конструкторским и метрологическим назначениями элементов детали.

Эта классификация при должной доработке может связать способ получения типовой поверхности и метрологические требования к ней, однако работы в данном направлении не ведутся.

На этом наиболее подходящие классификации заканчиваются, поэтому их рассмотрение завершено. Для дальнейшей работы над выбранной темой и обоснования актуальности исследования (которая покажет степень важности ВКР в настоящее время) стоит проанализировать специализированную литературу. Исходя из актуальности будет выявлено противоречие, по которому сформулируются цель и задачи работы.

## 1.2 Анализ литературы в области координатных измерений

Для обоснования актуальности часто производятся патентный поиск и/или обзор литературы. Однако, патентный поиск хорош там, где явно видна конструкция чего-либо, так как патент не позволяет другим бесплатно копировать конструкцию для своих целей (по сути, являясь способом защиты интеллектуальной собственности).

В координатной метрологии чаще всего разрабатываются не принципиально новые конструкции приборов, а методики или ПО и выводятся формулы на основании общеизвестных законов и принципов. Результатом такой деятельности являются методики измерений, носящие рекомендательный характер или принятые в качестве ГОСТов, однако методики обычно не патентуют (чтобы не раскрывать внутренних расчётов), которые секретны и являются «know-how».

Поэтому патентный поиск может не давать необходимых результатов для обоснования актуальности, поэтому необходимо провести обзор литературы. Главное – обработать информацию из всех доступных источников, критически её проанализировать и представить сделанные выводы в компактной, логичной форме.

Многие затрагивали тему обобщённых моделей в машиностроительном производстве. Элементов И.О. [4] в своей диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук в одном из

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 20   |



подразделов писал о роли геометрических моделей объектов изготовления при проектировании технологических процессов механической обработки.

А.В. Аверченков [5] тоже обращался к теме автоматизации выбора стратегии обработки конструкторско-технологических элементов (КТЭ) деталей. Он рассматривал стратегии обработки деталей и КТЭ в условиях общего машиностроения, описывал варианты стратегий обработки, подходы к разработке автоматизированных систем для выбора этих стратегий. Подобные идеи применимы и к метрологическим процессам контроля.

И.А. Зиннатуллин и Д.С. Горяинов [6] рассматривают метод повышения эффективности технологической подготовки производства на основе автоматизации разработки технологических процессов с применением распознавания КТЭ. В их статье идея автоматизированного распознавания КТЭ является подсистемой САПР синтеза ТП и предусматривает разработку метода, обеспечивающего автоматизированное формирование списка КТЭ – исходного материала для автоматизированного формирования состава (содержания) технологической операции инвариантно к классу ПП. Понятие КТЭ легко заменяется на КМЭ (конструкторско-метрологический элемент), что вместе с технологическим органично вписывается в идею единого информационного пространства машиностроительного производства.

Идея КТЭ развивается не только в статьях и книгах, были и практические попытки её реализации. Одна из версий САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ содержит компонент дерево «КТЭ», что позволяет собирать технологические переходы вместе и работать с ними как с самостоятельным фрагментом технологического процесса. Настройка связей между деревом КТЭ, деревом ТП и 3D-моделью (чертежом) позволяет легко ориентироваться в сложных ТП, оперативно редактировать их содержание и выявлять допущенные ошибки, а также значительно повысить скорость проектирования. Здесь акцент делается на технологические процессы, однако та же идея применима и к написаниям программ метрологического контроля на КИМ.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 21   |

Про модульное описание геометрии деталей подробно сказано в зарубежных стандартах, таких как ASME Y14.5-2009 [10], ASME Y14.5.1M-1994 [11], ISO 1101:2012 [12] и др [13, 14, 15, 16 17]. Это развивающаяся нормативная база, по которой создан открытый формат передачи данных STEP. В таком формате любой CAD редактор позволяет сохранить созданную модель. Надстройки над этим способом передачи данных (дополнительные строки кода после описания геометрии детали) позволяют передавать от конструктора к метрологу не только геометрическую форму и расположение поверхностей, но и размерные требования, а так же допуски на погрешности формы и взаимного расположения. Стандарты динамично развиваются и используются на международном уровне. Поэтому было принято решение кодировать разработанную модель детали и её элементов именно в таком формате.

Так же по координатным измерениям были проанализированы статьи французских, немецких и китайских авторов. Количество публикации подобных статей растёт с каждым годом, что ещё раз подтверждает актуальность выбранной темы для исследования. Основные публикации, рассмотренные в обзоре литературы, приведены в оглавлении.

### 1.3 Выводы

При обзоре литературы по теме было найдено множество отечественных и зарубежных публикаций, так или иначе относящихся к проблеме координатных измерений. На основании анализа литературы и исходя из потребностей производства ЗАО «ЧелябНИИконтроль» была определена цель ВКР [7]: увеличить степень автоматизации процессов проектирования технологий измерения цилиндрических отверстий деталей машиностроения.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести анализ литературы в области координатных измерений;

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 22   |

- разработать классификацию КМЭ цилиндрических отверстий для КММ типовых деталей машиностроения;
- разработать библиотеку типовых методик координатных измерений (МКИ) для цилиндрических отверстий деталей машиностроения;
- провести экспериментальные исследования точности типовых МКИ цилиндрических отверстий деталей машиностроения на КИМ;
- разработать информационное и алгоритмическое обеспечения модуля автоматизации проектирования МКИ для ПО ТЕХНОкоорд.

Для решения поставленных задач в работе используются основные положения теоретической и практической метрологии, принципы технических измерений, методы аналитической геометрии и положения конструкторско-технологической информатики.

Достоверность положений и выводов исследований должна подтвердиться проверкой адекватности полученных математических моделей с использованием виртуального координатно-измерительного оборудования в реальных процессах контроля различных изделий.

После решения поставленных задач будут получены рекомендации по выбору методики многоточечных координатных измерений для типовых цилиндрических отверстий. Данная методика будет реализована в ПО ТЕХНОкоорд [18], которое используется при управлении учебными КИМ.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 23   |

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Для достижения поставленных задач необходимо провести теоретическое исследование, которое может быть произведено по-разному. В данной ВКР использовались такие методы [8], как:

- сравнение (например, сравнение «идеального» значения диаметра [построенного по ста точкам] с «рабочими» [по 5ти, 10ти и 30ти точкам]);
- измерение (например, измерение диаметров всей партии исследуемых колец на разных программах КИМ);
- эксперимент (например, измерение одного и того же кольца при разных условиях [время суток, давление, температура, погода и т.д.]);
- обобщение (например, построение графиков распределения измеренных диаметров);
- абстрагирование (например, перенос результатов с измерений с группы деталей на все остальные);
- формализация (например, создание новых модулей на языке C# для ПО ТЕХНОкоорд);
- анализ (например, статистический анализ результатов измерений);

Различные подходы позволили более полно исследовать теоретический аспект решаемой проблемы. Основа решения заключается в создании конструкторско-метрологической модели детали (КММ), состоящей из типовых универсальных конструкторско-метрологических элементов (КМЭ).

### 2.1 Разработка конструкторско-метрологической модели детали

Как уже отмечалось ранее, при анализе существующих классификаций типовых поверхностей деталей машиностроения ни одна полностью не подошла для данной ВКР, поэтому было принято создать собственную классификацию на основе существующего деления Глухова. При этом КММ детали (рисунок 8) органично вписывается в идею сквозного проектирования [9] (рисунок 9).

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 24   |

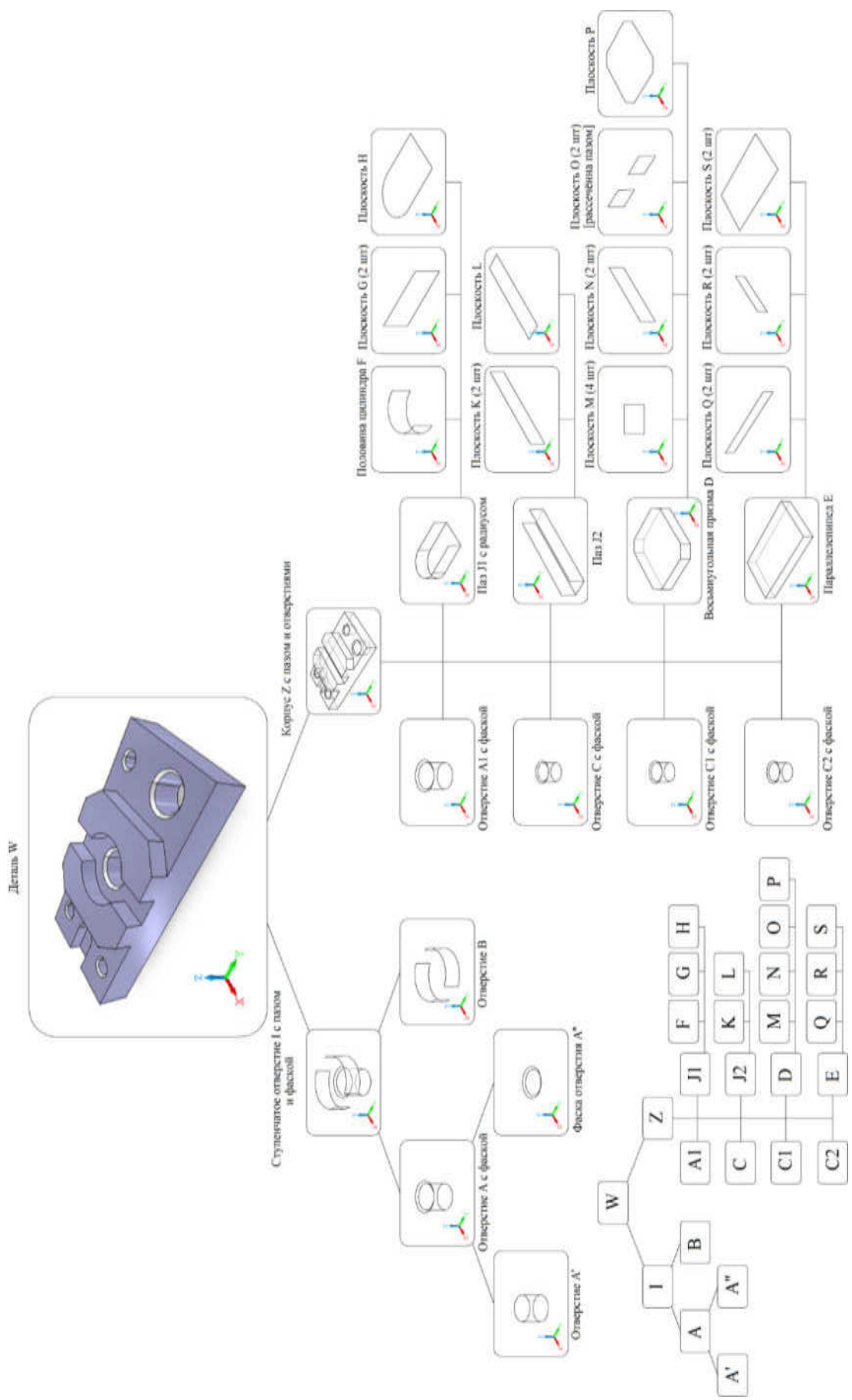


Рисунок 8 – Пример начальной КММ детали

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

150405.2017.233.00.ПЗ

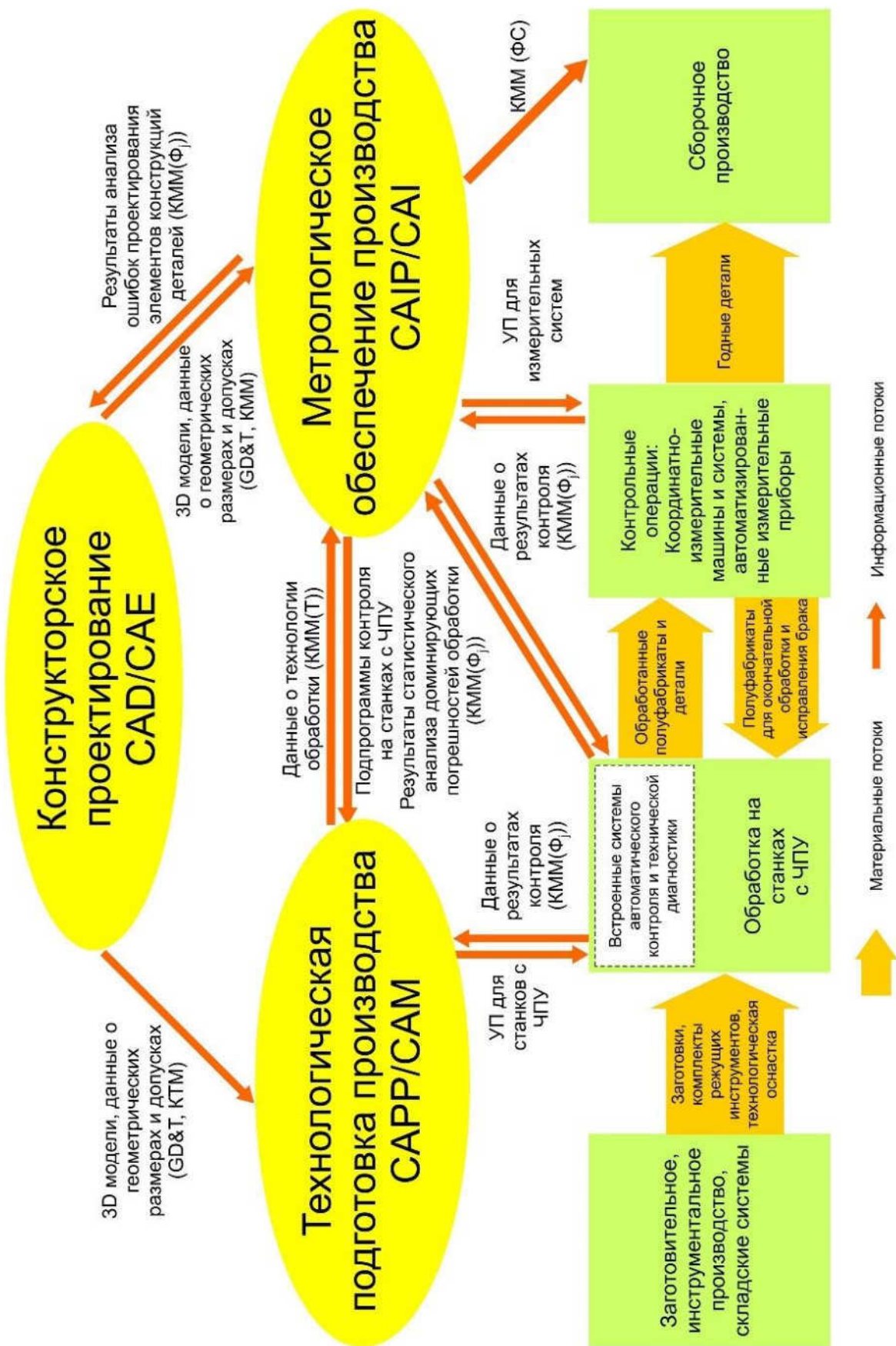
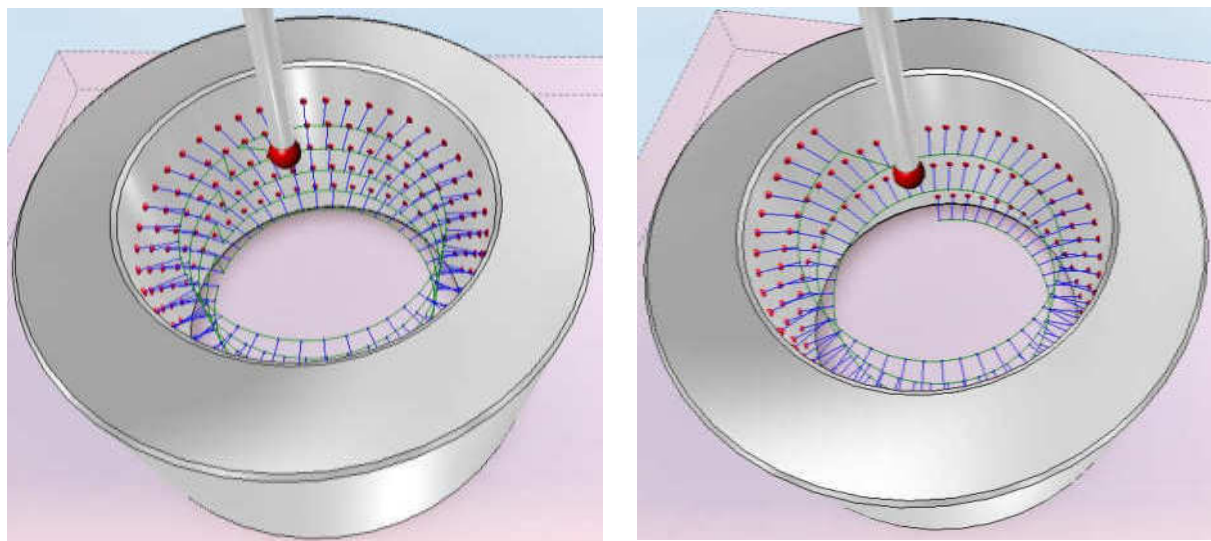


Рисунок 9 – КММ детали в едином информационном пространстве

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

КММ детали – это информационная система взаимосвязанных КМЭ (рисунок 10), расположенных в единой метрологической системе координат в соответствии с их служебным назначением.

КМЭ – это составной элемент КММ детали, несущий информацию о геометрии типовой поверхности (например, плоскости, цилиндра, эвольвенты), о взаимном расположении элемента в системе координат детали, о его погрешностях и о методике координатных измерений (МКИ).



а) по сечениям

б) по спирали

Рисунок 10 – Пример КМЭ: цилиндрическое отверстие с различными вариантами траекторий снятия точек

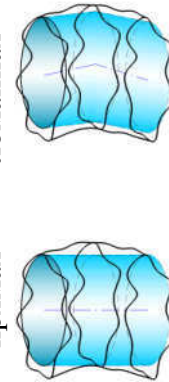
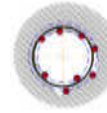
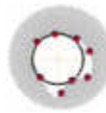
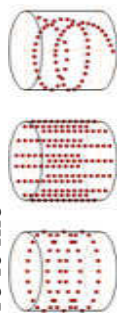
Место КМЭ типовых поверхностей (в том числе и для цилиндрических отверстий) в научных исследованиях ЗАО «ЧелябНИИконтроль» по включению метрологических данных [19] в единое информационное пространство машиностроительного производства указано на рисунке 11. По рисунку видно, что МКИ включает в себя стратегию измерения (рекомендуемое число точек, их расположение на контролируемых поверхностях и последовательность обхода при измерении) и набор расчётных математических моделей. Всё это обеспечивается с помощью специализированного метрологического программного обеспечения (ПО) и аппаратной части КИМ.

## Разработанная методика

### ЦИЛИНДРЫ

#### Библиотека типовых МКИ:

- Типовые стратегии
  - потоечно
  - сканированием
- Типовые матем. модели и алгоритмы
  - 2D (для окружностей)
    - максимально минимально вписанная
    - описанная



по условию мин. зоны



3D (для цилиндров), ось: прямая ломанная

### ПЛОСКОСТИ СФЕРЫ

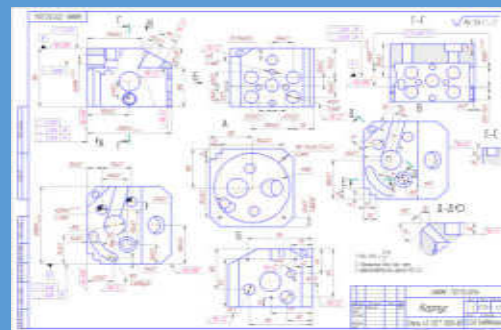
CAD-система КОМПАС:



#### Разрабатывается:

Библиотека кода КМЭ и КММ, характеризующих служебное назначение

Чертёж детали в CAD-системе



Геометрическая модель детали (формат STEP и др.).  
Формируется в CAD-системе

Описание размерно-точных параметров детали (формат STEP 203.ed2). Здесь содержится конструкторская СКД, в которой расположены размеры, геом. отклонения и поля допусков.

РТП:

- Это описание должно формироваться в CAD-системе (в настоящее время реализуется в корпоративных форматах данных).
- Разрабатывается доп. модуль: CAD-редактор для ПО ТЕХНОкоорд.



#### Направление дальнейших исследований:

КММ(Ф) фактические размеры  
1. Измеренный массив координат



2. CAD-модель с фактическими точками



Рисунок 11 – НИОКР ЗАО «ЧелябНИИконтроль»

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|



В данной ВКР подробно не рассматривается аппаратная часть, здесь описана лишь методическая составляющая, которая в идеале подразумевает работу с КММ детали. Такая модель бывает первичной и вторичной (см.рис.9). Первичная – результат конструкторского проектирования, вторичная – модель с массивом координат фактических точек, снятых на КИМ для каждой детали. Данные о КММ могут кодироваться в соответствии с зарубежной нормативной базой GD&T (и в любом другом открытом формате). Так же, помимо математического описания номинальной геометрии и объёма детали, КММ содержит формализованное описание служебного назначения и размерно-точностных параметров, а также методику (стратегия + математика) их контроля.

Кодирование информации о КММ детали (а так же о каждом КМЭ) можно осуществлять различными способами. Однако до сих пор ещё ни одно специализированное ПО в полной мере не справилось с задачей сквозного проектирования, хотя попытки, несомненно существуют (примерами CAD/CAM систем верхнего уровня являются Pro/Engineer, Unigraphics, CATIA, EUCLID, I-DEAS). Каждый из этих программных продуктов создал и развивает свой, внутренний формат данных, с помощью которого конструкторская информация передаётся технологам. Подобных подход имеет свои плюсы и минусы, в основном главный недостаток – высокая стоимость всего пакета программ. Далеко не каждое предприятие может позволить себе приобрести весь пакет, поэтому зачастую на заводе работают лишь в каком-то CAD редакторе одного производителя, а программы для станков с ЧПУ создаются с помощью другого ПО (например, ADEM или SolidCAM). Передача данных о 3D модели детали в таком случае обычно происходит с помощью открытого формата STEP.

Исходя из этого проще всего информацию о КМЭ кодировать именно в формате STEP, как в международном и перспективным. Данный формат позволяет однозначно записать информацию не только о геометрических особенностях детали, но и о метрологических требованиях к ним. Для большей

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 29   |

наглядности метрологические требования так же можно отображать на чертеже с помощью специальных символов (т.к. в цехах на заводах чаще всего чертежи работают именно в бумажном виде).

Как уже отмечалось ранее, кодированная информация о КММ детали предназначено не только для спец. ПО различных производителей (которое может работать с форматом STEP), но и для простых пользователей (в виде специальных условных значков на чертеже). Метрологическое ПО обычно использует координатный метод измерения, в котором реальная геометрия детали преобразовывается в *заменяющую геометрию* (геометрия, образованная заменяющими поверхностями и элементами). Заменяющий элемент (математическая модель) определяется так, чтобы он был лучшим образом согласован с измеренными точками по принятому методу аппроксимации. В Российских стандартах координатная метрология использует три основных критерия аппроксимации, каждый критерий дает свое значение заменяющего элемента и его положения в пространстве:

- *критерий прилегания поверхности (принцип Тейлора)* – заменяющий элемент должен находиться вне материала детали таким образом, чтобы суммарное расстояние от него до измеряемых точек было минимальным, в современно понимании подразделяется на критерии по условию максимума и минимума материала;

- *среднеквадратичная аппроксимация по Гауссу* – заменяющий элемент – это средняя поверхность, у которой сумма квадратов расстояний до точек, расположенных с одной стороны, равны сумме квадратов расстояний до точек, расположенных с другой стороны;

- *поверхность минимальной зоны* – минимальные и максимальные заменяющие элементы параллельны друг другу или имеют общий центр, все измеренные точки должны находиться между ними и расстояние между минимальным и максимальным элементом должно быть минимально возможным.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 30   |

Все вышеперечисленные критерии довольно просто иллюстрируются наглядно на практике. Например, критерий прилегания по максимуму материала для отверстия означает такой диаметр, при котором деталь будет самой тяжёлой, т.е. отверстие будет наименьшим из всех возможных. Если же отверстие рассматривается по критерию минимума – в результате получается самая лёгкая деталь, с наибольшим диаметром отверстия.

Схема, представленная на рисунке 12, показывает, что, имея один и тот же набор значений координат измеренных точек специалисты-метрологи, использующие разные критерии аппроксимации, могут получить различные результаты. Т.е. от правильности выбора МКИ зависит достоверность и точность результатов контроля [20]. Однако в российском законодательстве нет рекомендаций по выбору алгоритмов аппроксимации для окружностей, поэтому точность и достоверность полученных результатов всецело зависит от оператора КИМ, а так же от возможностей ПО (не все, только самые известные алгоритмы представлены в современных базовых ПО).

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 31   |

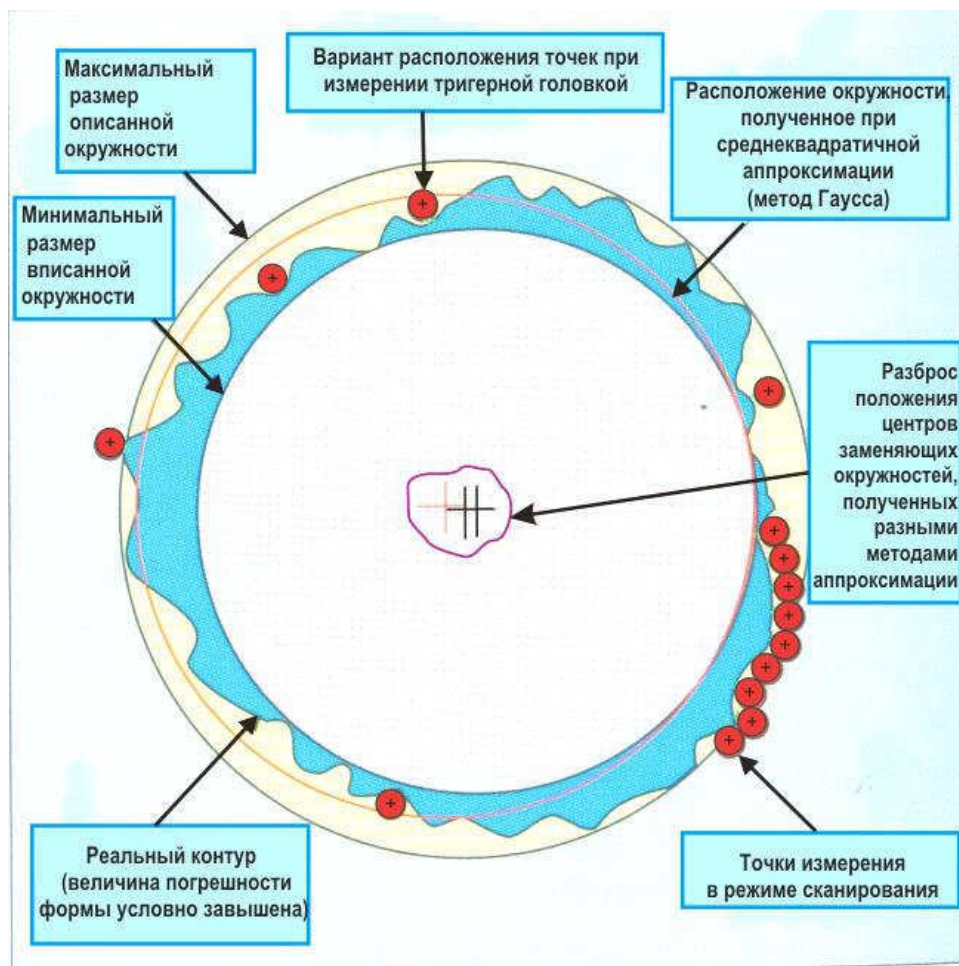


Рисунок 12 – Методики аппроксимации окружности при многоточечных измерениях

Стоит помнить и о существовании других критериев аппроксимации, не учтённых в Российских и зарубежных стандартах. ПО, существующее на современном рынке, не даёт возможности дописать другой способ математических расчётов для поверхностей, что является серьёзным недостатком. В идеале необходимо создать библиотеку основных КМЭ с подходящими алгоритмами аппроксимации. КМЭ в своей основе должны иметь простые поверхности, распространённые в машиностроении и активно контролируемые на современных КИМ ввиду высоких требований к их точности. Это предполагает колоссальный объём работы, превосходящий возможности студента-магистра. Поэтому, как уже отмечалось ранее, в данной ВКР подробно рассмотрен только один КМЭ: цилиндрическое отверстие.

Подобный выбор простейшей поверхности обоснован несколькими факторами: распространённостью цилиндрических отверстий (и множеством различных требований, предъявляемых к точности), однозначность существующих методов ручных измерений отверстий, а также наличием в свободном доступе набора шаблонов-колец с заранее известными размерами [21 и 22] и погрешностями формы.

## 2.2 Разработка подробной классификации конструкторско-метрологических элементов цилиндрических отверстий

Классификацию КМЭ для цилиндрических отверстий стоит разрабатывать, исходя из существующих подходов к измерению. Стоит учитывать не только Российский, но и зарубежный подходы.

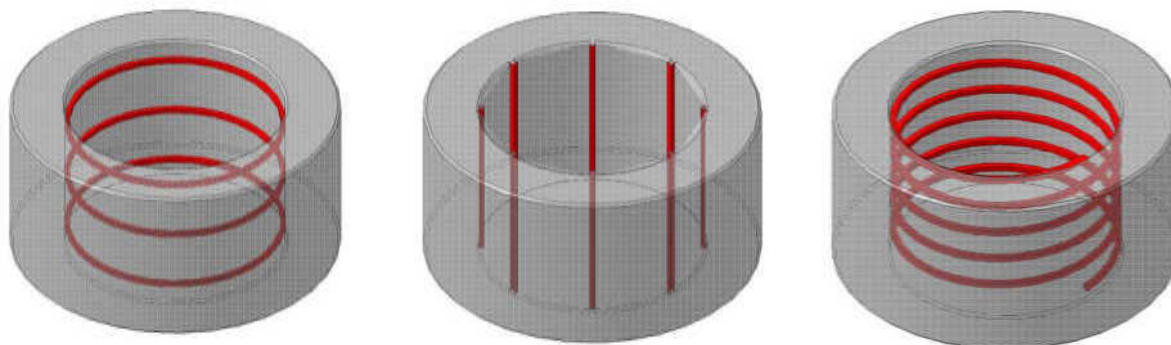
Согласно европейскому подходу к контролю цилиндрических поверхностей, ось – это прямая, полученная среднеквадратической аппроксимацией. Она может располагаться в своём поле допуска (цилиндр диаметром, равным допуску) как угодно, либо выходить за него (в таком случае считается, что цилиндр бракованный). Логично, что при таком раскладе практически не имеет значения, как именно собирались точки с поверхности цилиндра.

Второй подход, под влиянием немецкой школы, описывает ось, как ломанную линию. Причём каждый отрезок ломанной соединяет центр среднеквадратичной окружности, измеренной в поперечном сечении цилиндра. Эта методика описана в зарубежных стандартах ISO 14660 части 1 и 2 1991 года. В данном стандарте методика контроля цилиндрических поверхностей записана крайне невнятно, и редко кто правильно её использует (обычно, упрощают). Этот подход действует, только если на цилиндрическую поверхность не задано никаких дополнительных требований, т.е. это по умолчанию. Если задан, к примеру, зависимый допуск – то ось является прямой, и никак иначе.

Очевидно, при создании КМЭ и КММ имеет смысл рассматривать именно второй подход, как самый универсальный и наиболее

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 33   |

распространённый (при отсутствии требований на чертеже отверстие должно быть рассчитано по умолчанию). Вообще, координаты с внутреннего цилиндра могут быть собраны по образующим (прямым или окружностям) или спирально (рисунок 13). Сбор координат может проходить поточечно или в режиме сканирования.



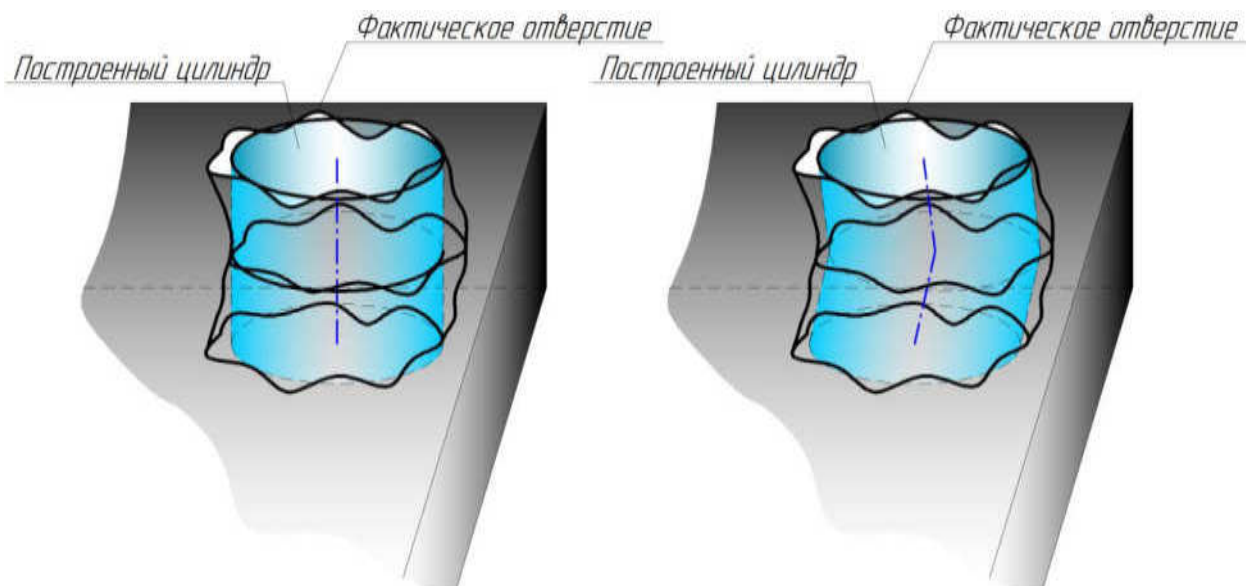
а) по окружностям

б) по прямым

в) по спирали

Рисунок 13 – Возможные стратегии сбора массива координат

После получения массива координат, можно воспользоваться одним из двух вышеописанных подходов, и построить фактический цилиндр для исследуемого отверстия (рисунок 14). Стоит отметить, что спиральная траектория не позволяет создать цилиндр, ось которого является ломанной прямой (т.к. для этого потребуется пересчёт координат, что накладывает дополнительную погрешность). Однако подобная стратегия идеально подходит при контроле отверстий невысокой точности. При этом можно воспользоваться сканированием, что существенно увеличит производительность.



а) с прямой осью

б) с ломанной осью

Рисунок 14 – Цилиндры, построенные по собранным координатам

Используя известные математические зависимости при любом способе сбора координат можно рассчитать все необходимые характеристики цилиндрического отверстия: его диаметр, погрешность в продольном и поперечном сечении. ПО PC&DMIS позволяет собирать точки с помощью данных траекторий и в режиме сканирования, и поточечно. Однако при спиральном сборе массива координат значительно усложняются расчётные формулы, и достоверность расчётов достаточно сложно проверить. Сбор точек по образующим прямым успешно заменяется окружностями (т.е. Ким проходит абсолютно по тем же точкам), поэтому далее будут рассмотрены только сечения окружности.

Под служебным назначением в данном случае понимается, какой метод аппроксимации необходимо применить к массиву собранных координат, чтобы получить адекватные результаты. К примеру, если в отверстии предполагается посадка с зазором, следовательно, вал должен быть меньше наименьшего сечения отверстия, т.е. стоит применить аппроксимацию по максимуму материала. ПО PC&DMIS для окружности предоставляет способы аппроксимации точек, подробно описанные в п.п. 2.1: вписанная, описанная, минимальных и максимальных зон и среднеквадратичная (рисунок 15).

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

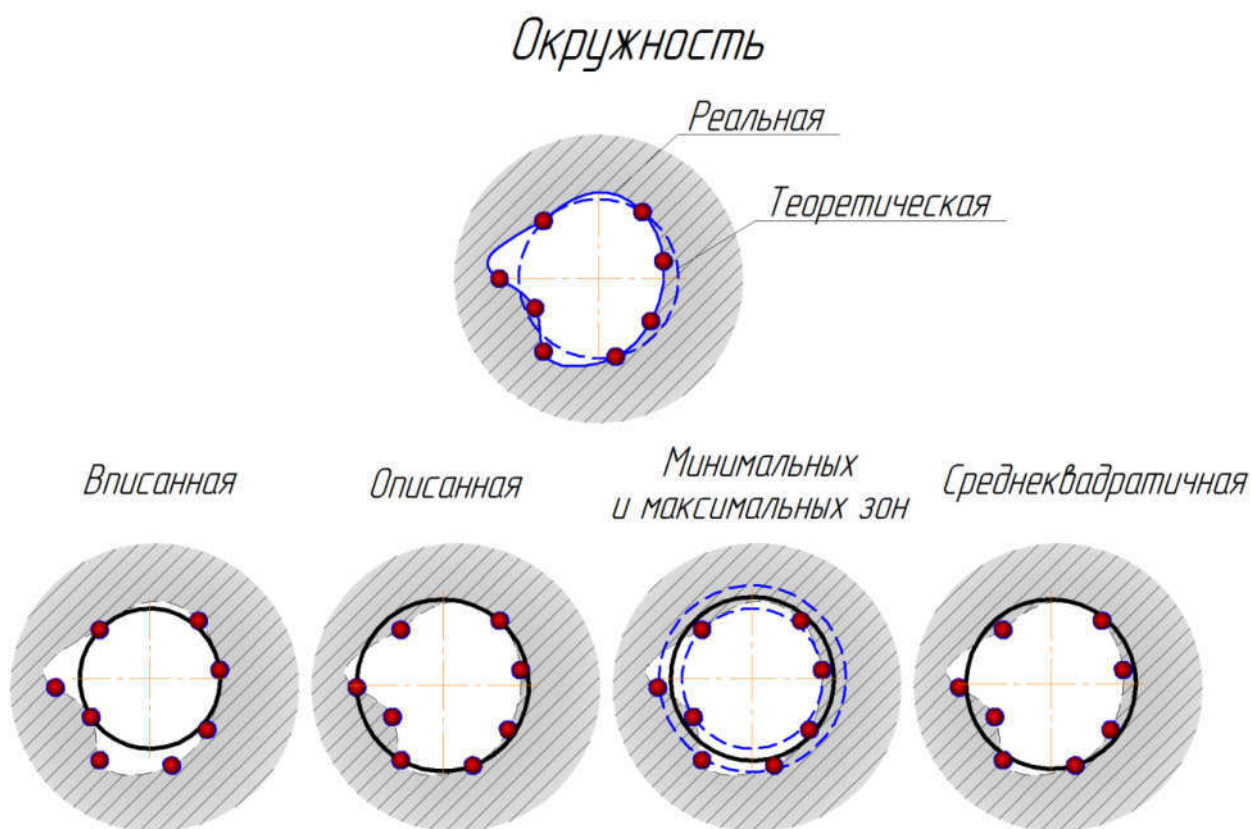


Рисунок 15 – Методы аппроксимации окружностей в ПО PC&DMIS

Прочие методы аппроксимации в используемом ПО не реализованы, поэтому их рассмотрение затруднено. Однако существует возможность извлечение массива измеренных координат из ПО PC&DMIS для передачи их в ПО ТЕХНОкоорд для любой последующей обработки.

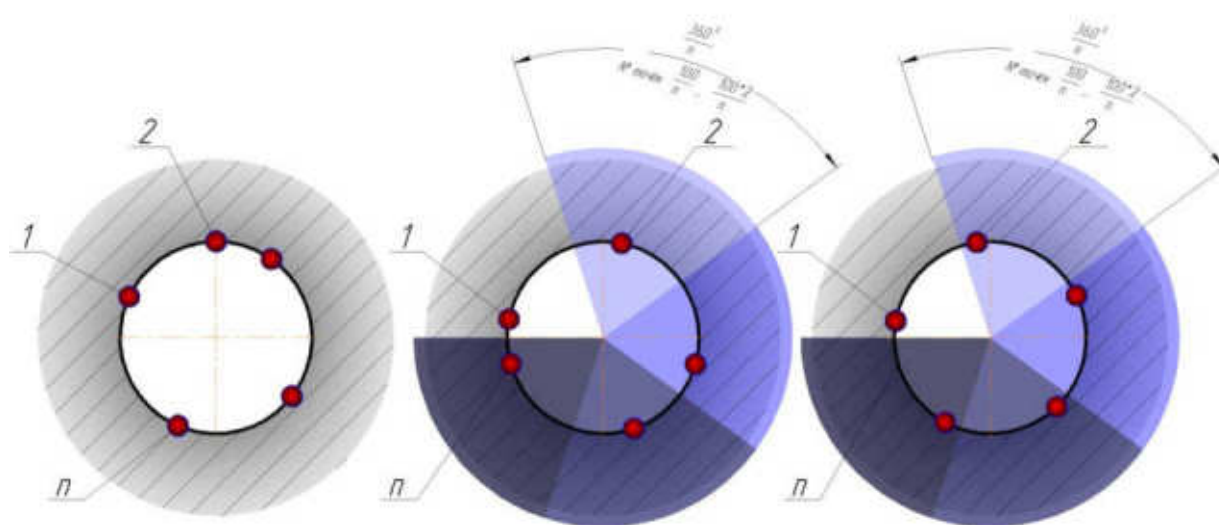
В рекомендациях по снятию точек с окружности PC&DMIS предупреждает, что угол дуги должен быть не менее 120 градусов (рисунок 16), иначе адекватность результатов не гарантируется. Это является существенным недостатком, ведь не всегда контролируемая поверхность в качестве образующей имеет полную окружность. Так же при наличии такого требования нельзя располагать точки на окружности на меньшей дуге (что возможно при случайном выборе положения).

После выбора аппроксимации стоит подумать о том, как и сколько точек необходимо собрать с каждой окружности для получения достоверных результатов измерений. Как известно, для построения любой окружности (или плоскости) необходимо минимум 3 точки, при этом невозможно рассчитать отклонение формы. Поэтому для сравнительного анализа было решено

|             |             |                 |                |             |                       |             |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-----------------------|-------------|
|             |             |                 |                |             | 150405.2017.233.00.ПЗ | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> |                       | 36          |



снимать по 100 точек с каждой окружности, и среднеквадратичную окружность, проведённую через них считать эталонной в данном сечении. С этим эталоном буду сравниваться по 50 окружностей, проведённых через 5, 10 и 30 точек. Выборки точек генерируются специальной подпрограммой, написанной на языке программирования С# (приложение Г) расположение которых возможно одним из трёх способов: случайно, равномерно-случайно, равномерно-последовательно.



а) случайно б) равномерно-случайно в) равномерно-последовательно

Рисунок 16 – Возможные принципы распределения точек по окружности

Подобные варианты расположений имеют место быть, так как при выборе лишь одного варианта возможна потеря достоверности и адекватности результатов измерений: при случайном размещении точки могут оказаться слишком близко друг к другу, отчего произойдёт искажение диаметрального размера и не будет полностью учтена погрешность формы (рисунок 17).

## Случайное расположение точек

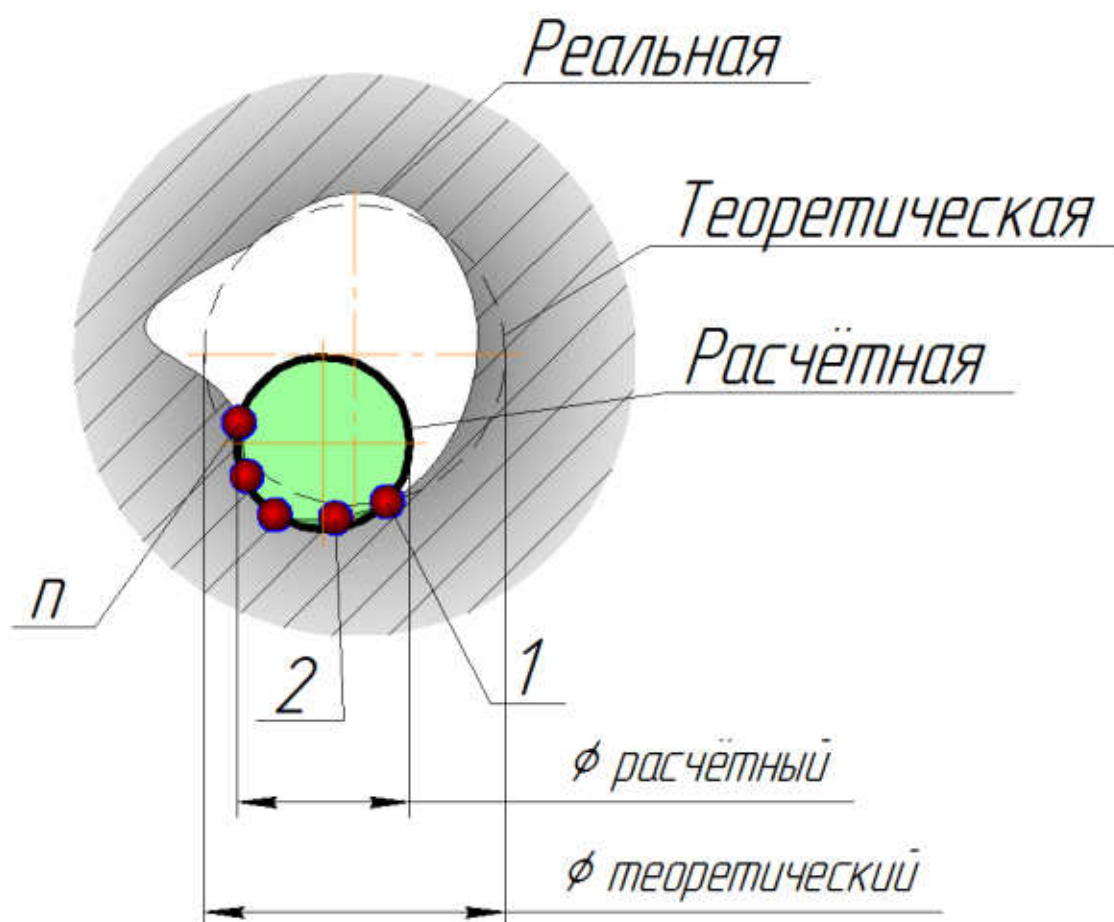


Рисунок 17 – Недостаток случайного метода

Для исключения подобных ошибок предусмотрены оставшиеся два метода генерации выборок. При равномерно-случайном окружность со 100 точками делится на 5, 10 или 30 секторов, внутри каждого из которых случайно расположена одна точка (получаются выборки по 5, 10 и 30 точек соответственно). В равномерно-последовательном размещении окружность так же разделяется на сектора, с одной точкой в каждом, но номер точки не случаен: в первой выборке все точки первые в своих секторах, во второй – вторые, и так далее. Далее порядок выбора точек меняется: в первом секторе точка первая, в остальных – вторая, и т.д., пока не наберётся 50 выборок, результаты которых достаточны для статистического анализа.

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

38

Все вышеописанные выборки точек являются элементами КМЭ, адекватность которых необходимо проверить экспериментально. Каждый КМЭ цилиндрического отверстия в зависимости от своих характеристик имеет свою математику. Среднеквадратичная аппроксимация применяется для посадки с натягом и в эталонных измерениях, а так же при сопряжении материальной детали с газо- и гидродинамическими средами. Прилегание по условию максимума материала – при посадках с зазором в сопряжении материальных деталей. Поскольку обычно метролог не знает, как работает контролируемая им деталь, конструктор для него заранее на чертеже должен закодировать через КМЭ всю необходимую информацию. Выбор количества точек следует из наших экспериментов в лаборатории ЗАО «ЧелябНИИконтроль»: какое минимальное число точек обеспечивает приемлемый, достоверный результат. Теоретически КМЭ связан с математикой, а точность – с числом точек КМЭ. Конкретная точность выбранной КИМ будет определена экспериментально, и результаты экспериментов действительный только в условиях лаборатории ЗАО «ЧелябНИИконтроль». При этом методика проведения эксперимента универсальна и может быть применена для любой другой КИМ.

На данном этапе рассмотрения поставленной проблемы можно составить фрагмент блок-схемы алгоритма создания КМЭ для цилиндрических отверстий (рисунок 18). На рисунке наглядно видно, по какому принципу могут формироваться окружности КМЭ, рассматриваемые в экспериментальной части исследования.

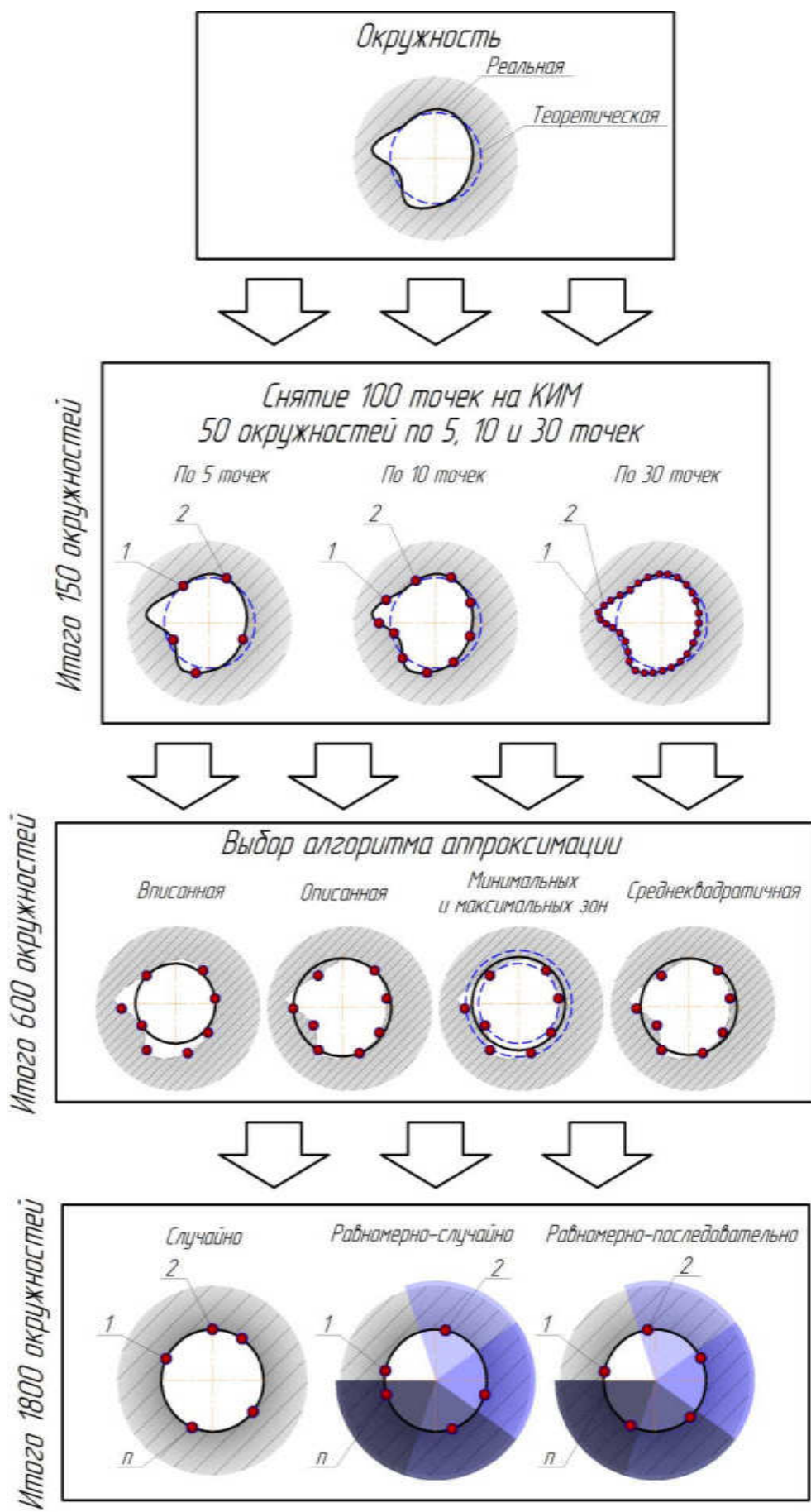


Рисунок 18 – Алгоритм получения окружностей для КМЭ

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

Для дальнейшей работы над ВКР необходимо описать библиотеку типовых МКИ для цилиндрических отверстий. Естественно, типовая методика универсальна для любого цилиндра (вала или отверстия), и может быть применена к любой КИМ. Отчасти МКИ зависит от нормативной документации, а так же от возможностей конкретной КИМ и ПО, поставляемого с ней.

### 2.3 Разработка библиотеки типовых методик координатных измерений для цилиндрических отверстий деталей машиностроения

Как уже отмечалось ранее, МКИ в принципе состоит из двух основных частей: математических формул и стратегии измерения. В качестве расчётных формул для цилиндрических КТЭ в данной работе используется математическое описание окружностей четырьмя методами, изложенными в п.п. 2.2. Прочие способы аппроксимации в данной работе не рассматриваются, и оставлены для дальнейшего развития.

Стратегия измерения включает в себя число точек (о котором так же говорилось в п.п.2.2), траекторию движения измерительного наконечника (ИН) и скорость его перемещения. Все три возможные траектории так же перечислены в п.п. 2.2, где описан выбор самой простой для аппроксимации: по поперечным сечениям цилиндра.

Измерительный наконечник следует выбирать так, чтобы он имел максимальную жёсткость, т.е. был либо короткий и тонкий, либо длинный и с большими диаметрами сферы и стержня. Для кольца высотой 60 мм идеально подходит ИН длиной 75 мм с диаметром измерительной сферы 8 мм. Функционал данной КИМ, оснащённой поворотным модулем, позволяет проводить измерения в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях, т.е. при трёх различных положениях кольца (рисунок 19). При этом необходимо окончательно выбрать конфигурацию ИН: необходимые углы поворота могут быть достигнуты при угловом положении измерительной головки (ИГ) или при помощи специальной формы самого ИН: так называемой звёздочки (рисунок 20).

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 41   |

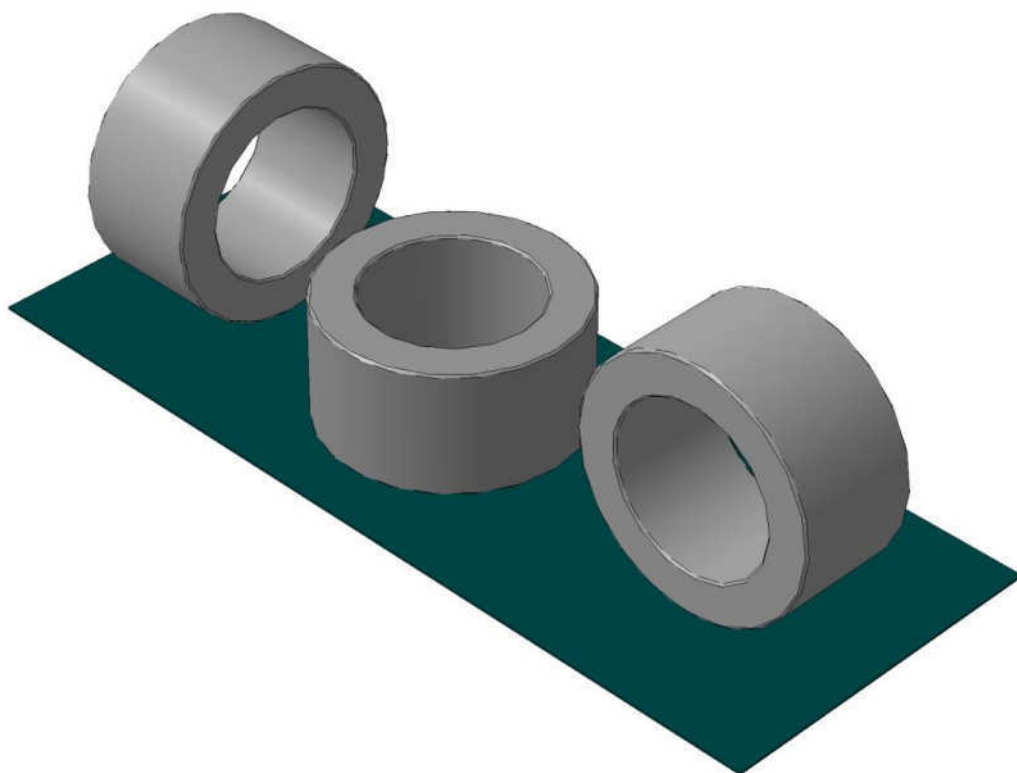
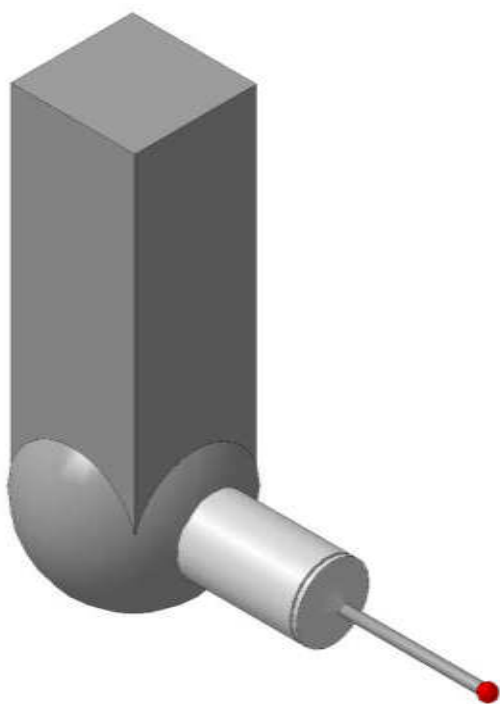


Рисунок 19 – Три положения кольца на столе КИМ, выбранные для измерения



а) поворотный модуль



б) конфигурация ИН звёздочка

Рисунок 20 – Возможные способы достижения угловых положений ИН

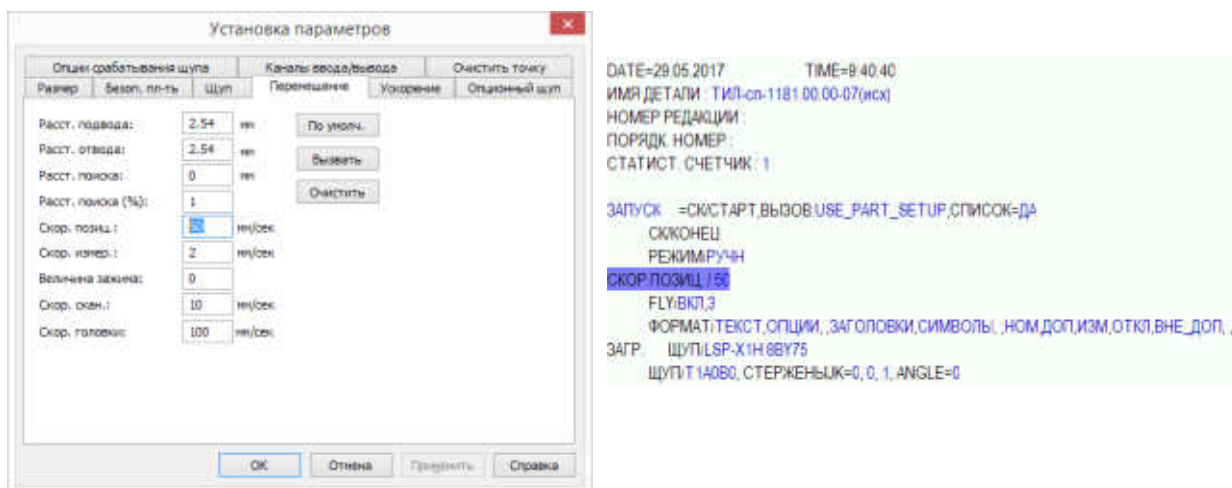
|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

42

Экспериментальные измерения стоит проводить при различных скоростях, собирая точки в различных режимах (поточечно или сканированием замкнутого контура). Необходимо провести предварительные измерения, чтобы понять, какие способ достижения углового положения и скорость являются наиболее приемлемыми. в режиме поточечных измерений скорость сбора точек задаётся в самом начале программы, и при первичной отладки выставляется 50 мм/сек (рисунок 21). При сканировании скорость может задаваться сразу для всех сканов в программе, или меняться от скана к скану (рисунок 22). Опыт работы на предприятии показал, что наиболее приемлемыми являются скорости 2, 5, 10 и 20 мм/сек (рисунок 23).

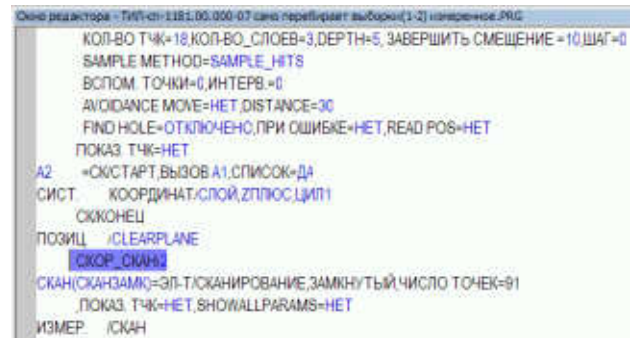
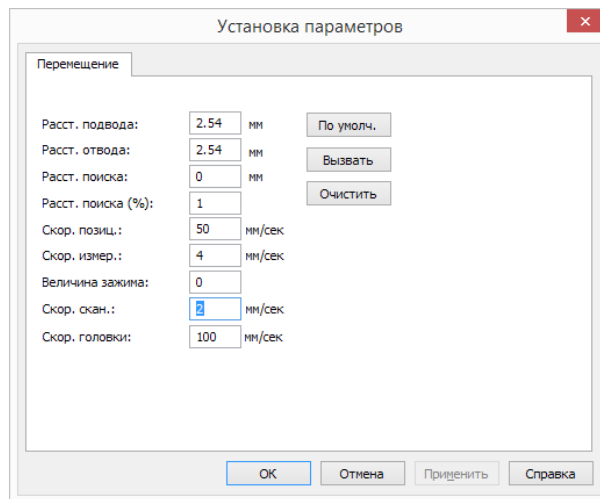


а) задание скорости в окне параметров

б) задание скорости в тексте программы

Рисунок 21 – Задание скорости поточечных измерений

Эксперименты планируется проводить и при сканировании, и при поточечном режимах, но заранее известно, что первый режим даёт меньшую точность, но большую производительность в сравнении со вторым. Оба режима важны, т.к. каждый имеет свои области применения, например, сканированием обычно снимаются контуры с конусных резьбовых калибров.



а) задание скорости в окне параметров

б) задание скорости в тексте программы

Рисунок 22 – Задание скорости 2 мм/сек при сканировании

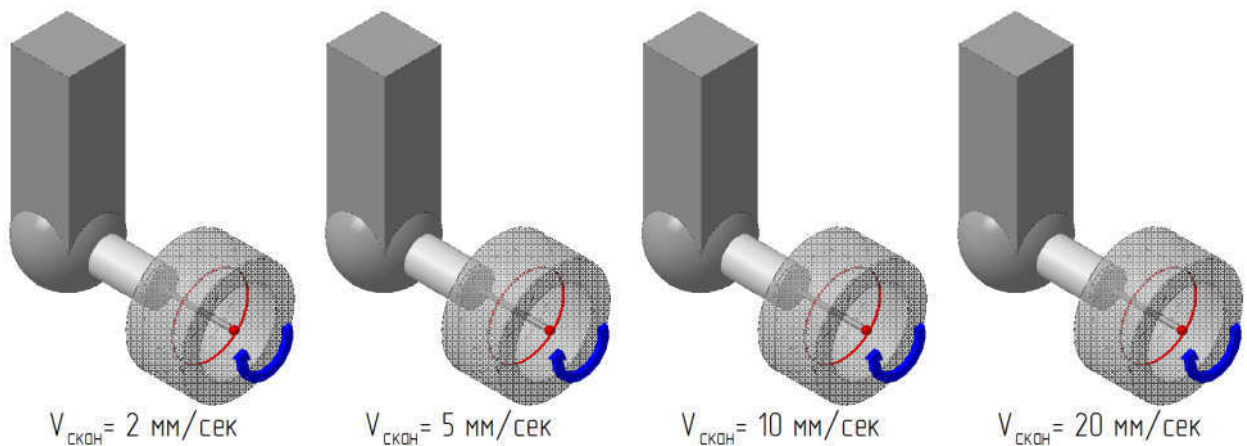


Рисунок 23 – Наиболее часто используемые скорости сканирования

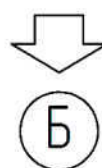
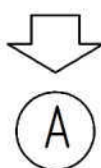
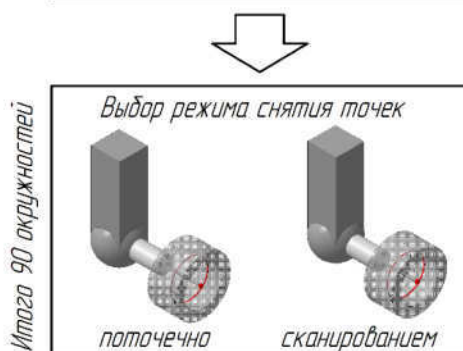
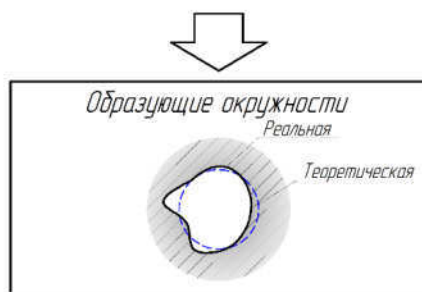
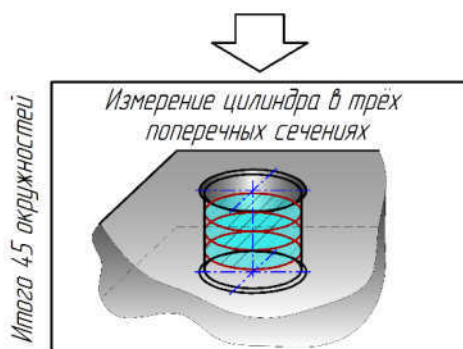
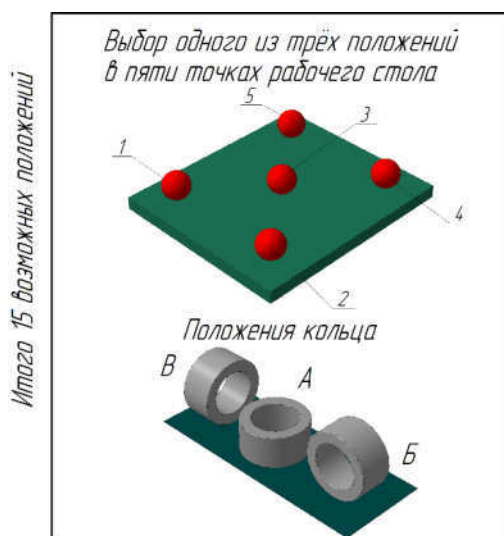
На этом теоретическое исследование в рамках данной ВКР можно считать завершённым. Для дальнейшей работы стоит подвести общие результаты главы, по которым будет предельно ясен порядок действий при выполнении экспериментальной части.

## 2.4 Выводы

В данной главе была описана КММ детали, приведена подробная классификация КМЭ для цилиндрического отверстия. Так же был разработан алгоритм создания типового КМЭ для внутреннего цилиндра, окончательный вариант которого приведён на рисунке 24. Данный алгоритм универсален и



может быть применён для любой КИМ (с поправками на особенности выбранной машины).



|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

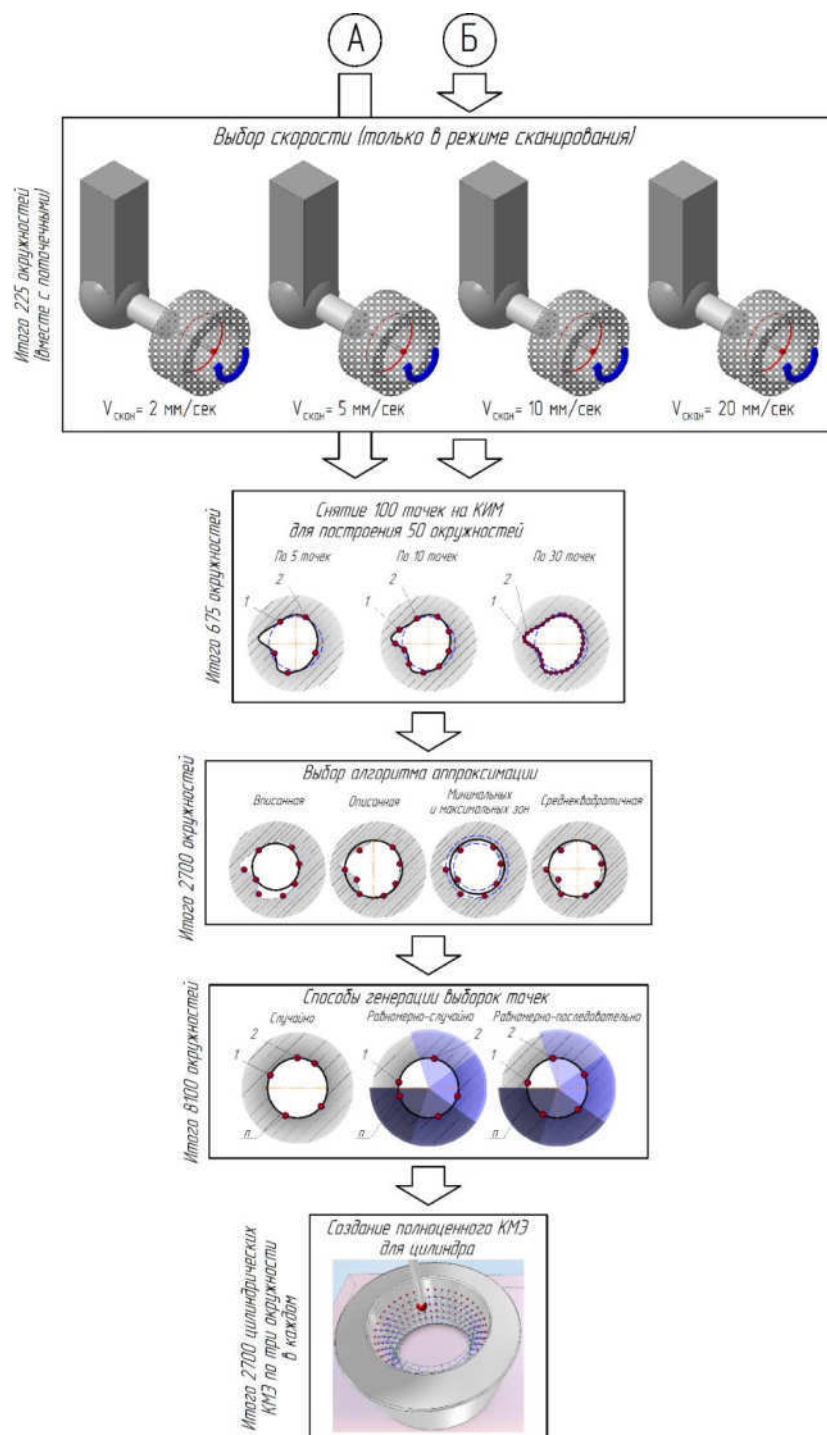


Рисунок 24 – Полный алгоритм создания типового КМЭ для цилиндрического отверстия на портальной КИМ с поворотным модулем

По данной последовательности можно создать 6 различных цилиндрических КМЭ, математика которых может выбираться исходя их технологического назначения отверстия. Применимость данной теории, а также удобство использования подобных КМЭ можно проверить только экспериментальным путём.

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

### 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как уже говорилось ранее, в экспериментальной части необходимо применить на практике всю вышеописанную теорию по построению КМЭ для цилиндрического отверстия. Для этого сперва стоит понять, какие аспекты исследования являются наиболее приоритетными, а так же сформулировать практические цель и задачи.

Как известно, современная тенденция развития машиностроительного комплекса – повышение точности машин, механизмов, узлов и деталей, входящих в них. Примером могут служить нанотехнологии, где допуски изготовления находятся в пределах долей микрона.

Точность изделия задается исходя из функционального назначения, условий работы деталей в узле и узлов в механизме. На практике, достижение абсолютной точности деталей невозможно вследствие возникновения неизбежных погрешностей при обработке. Поэтому точность определяется заданной погрешностью или допуском на размерный элемент, геометрическую форму и взаимное расположение поверхностей деталей.

С появлением координатно-измерительных машин (КИМ) стало проще измерять отклонения от формы и расположения любой детали: различные поворотные модули, измерительные головки (ИГ) и конфигурации измерительных наконечников (ИН) позволяют за один установ собрать массив координат точек со всех поверхностей. Однако достоверность полученных результатов зависит только от оператора КИМ, ведь в России нет нормативных документов или методик координатных измерений (МКИ), регламентирующих выбор стратегий измерения и алгоритмов аппроксимации.

Правильный выбор стратегии и способа аппроксимации увеличит производительность, повысит достоверность полученных результатов и в итоге снизит себестоимость готовой детали, поэтому необходимо разрабатывать российские МКИ.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 47   |

### 3.1 Цель и задачи проведения экспериментов

Целью экспериментальных исследования является завершение практических исследований по координатным измерениям цилиндрических поверхностей типовых деталей машиностроения в рамках выпускной квалификационной работы (ВКР).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- для доступного измерительного оборудования спроектировать и изготовить технологическую оснастку;
- провести серию экспериментов по измерению внутренних цилиндров и статистически обработать результаты;
- на основе полученных данных дополнить описание КМЭ (о котором говорилось в теоретической части работы) для цилиндрических поверхностей типовых деталей машиностроения.

Полученные результаты возможно внедрить в производство предприятия «ЧелябНИИконтроль», что повысит производительность координатных измерений (КИ) и позволит выявить направления дальнейших экспериментов. В итоге будет выпущена новая версия ПО ТЕХНОкоорд.

Дальнейшее развитие темы заключается в исследовании точности типовых МКИ цилиндрических отверстий деталей машиностроения на доступной КИМ и в обработке полученных результатов.

### 3.2 Исследование точности типовых методик координатных измерений цилиндрических отверстий деталей машиностроения на КИМ

Как известно, точность измерений — это качество, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Логично, что для КИ точность напрямую зависит от числа снятых точек, и от правильности выбора алгоритма их аппроксимации. Однако предположение, что для достижения приемлемой точности достаточно измерить избыточный массив координат, и просчитать его по среднему критерию, является неверным. Как уже было сказано ранее, снятие слишком большого числа точек

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 48   |

снижает производительность, и значительно увеличивает себестоимость детали, а среднеквадратическая аппроксимация не всегда подходит для измеряемой поверхности. Как показала практика, для внутреннего цилиндра можно применить аппроксимацию по описанным окружностям, что является абсолютно не верным и недопустимым, и даёт результаты, в 10 мм расходящиеся с чертёжным значением диаметра. Подобный промах получен потому, что специализированное ПО не запрещает использовать внешний критерий (созданный для валов) при расчёте параметров отверстия. Подобное расхождение не является ошибкой математики ПО, а остаётся на совести оператора и мало связано с реальностью, а значит не достоверно.

### 3.2.1 Используемое измерительное оборудование

Доступным для использования измерительным оборудованием является трёхкоординатная КИМ DEA GLOBAL Performance 07.10.07 (рисунок 25), которая стоит в лаборатории предприятия «ЧелябНИИКонтроль». Данная КИМ имеет свидетельство о поверке (рисунок 26).



Рисунок 25 – КИМ DEA GLOBAL Performance 07.10.07

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | 49   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

Диапазон измерений КИМ  $X*Y*Z=700*1000*660$  мм, пределы допускаемой основной погрешности пространственных измерений, мкм:

$$\Delta = \pm(1,5+L/333), \text{ где } L - \text{измеряемая длина в мм.}$$



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ  
(РОССТАНДАРТ)**  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Уральский научно-исследовательский институт метрологии»  
(ФГУП «УНИИМ»)  
Аттестат аккредитации № RA.RU.311473

**СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ**

№ 001500-0254-233

Действительно до  
07 апреля 2017 г.

Средство измерений: Машина трехкоординатная измерительная GLOBAL, Performance 07.10.07  
наименование, тип, модификация,

22428-10  
регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений

отсутствуют  
(если в составе средства измерения входят несколько автономных измерительных блоков, то приводятся их перечень и заводские номера)

071566370  
серия и номер знака предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются)

заводской номер (номера) GLOB0014201A

поверено в диапазоне измерений, указанных в описании типа  
наименование величины, диапазонов, на которых поверено средство измерений (если предусмотренометаллической поверки)

поверено в соответствии с МИ 2569-99 Рекомендации ГСИ. Машины координатно-измерительные портального типа. Методика поверки  
наименование документа, на основании которого выполнена поверка

с применением эталонов: Государственный эталон единицы длины 3 разряда в диапазоне значений от 125 до 500 мм, рег. № 3.1.ZZC.0197.2013.  
наименование, тип, заводской номер, регистрационный номер (при наличии), разряд, класс или погрешность эталона, применяемого при поверке  
Государственный эталон единицы длины 3 разряда с номинальным значением 1000 мм, рег. № 3.1.ZZC.0051.2012

при следующих значениях влияющих факторов: температура воздуха 20,2 °С;  
приводят перечень влияющих факторов,  
относительная влажность воздуха 50 %; атмосферное давление 739 мм рт.ст.  
нормированных в документе на металле поверки, с указанием их значений

и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано соответствующим установленным в описании типа метрологическим требованиям и пригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Знак поверки 

Заведующий лабораторией 233  Ю.Р. Шимолин

Поверитель  Т.Н. Сафина

Дата поверки  
08 апреля 2016 г.

Рисунок 26 – Свидетельство о периодической поверке

В качестве делала для проведения серии экспериментов было выбрано кольцо (рисунок 27) с заранее известным отклонением на внутреннем диаметре (огранка). Измерения проводились только на внутреннем цилиндре, так как цилиндрическое отверстие является довольно распространённым элементом деталей машиностроения и часто возникает необходимость его контроля.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 50   |

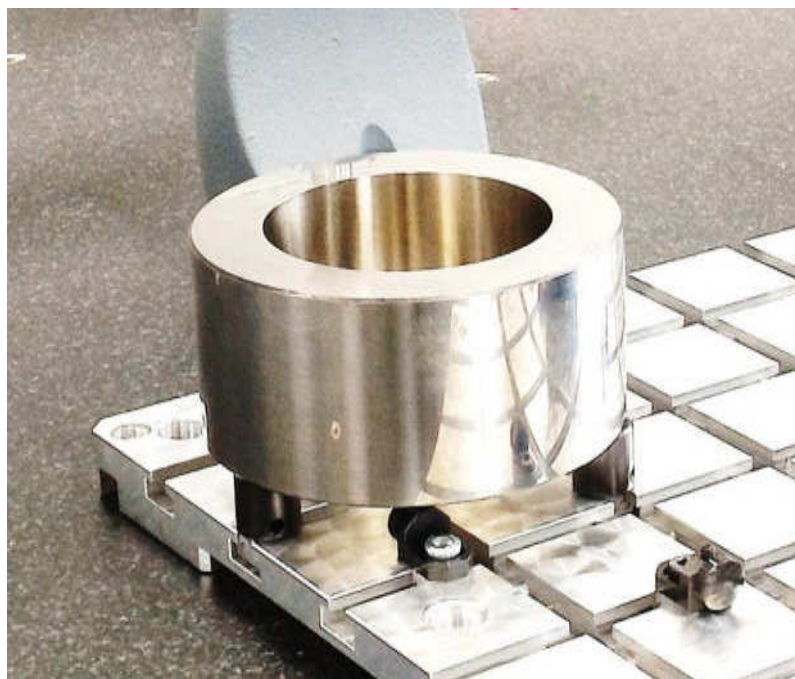


Рисунок 27 – Кольцо для проведения экспериментов

Измерения проводились в различных точках рабочего пространства КИМ, различными ИН, под различными углами поворота ИГ. Для калибровки ИГ во всех используемых положениях и со всеми выбранными ИН была использована эталонная сфера (рисунок 28). Диаметр сферы известен заранее и выгравирован на её основании, а так же внесён в программу КИМ.

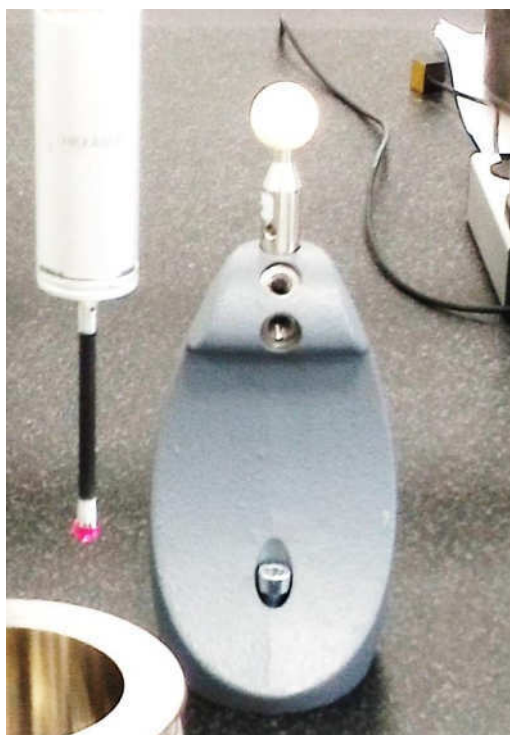


Рисунок 28 – Калибровочная сфера

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

51

Для автоматической смены ИН использовался магазин ИН (рисунок 29). Во время длительных измерений КИМ может выдать ошибку и врезаться куда-либо, а так же «сбросить» из памяти расположение магазина ИН. Для исключения подобных ситуация в начале работы после калибровки ИН необходимо откалибровать положение магазина.



Рисунок 29 – Пустой магазин ИН на столе КИМ

Сначала необходимо освободить магазин ИН. Зафиксировать его болтами шестигранными с углублением под ключ на столе КИМ, выставив параллельно оси ОХ (отклонение менее 5 мм).

На машину установить любой ранее прописанный измерительный наконечник (ИН). Включить программное обеспечение (ПО) PC-DMIS (рисунок 30) и выбрать из выпадающего списка установленный наконечник. В данном случае это ИН с именем «400».

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |



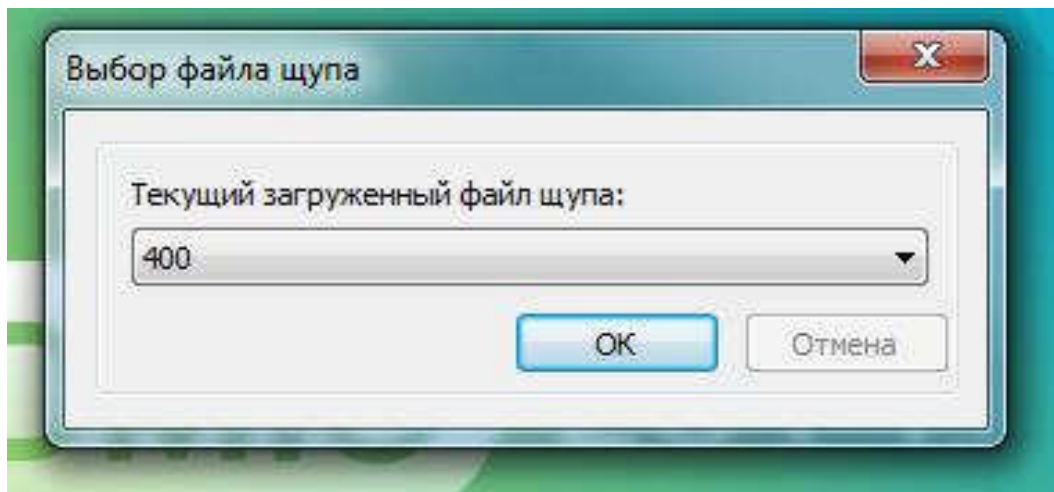


Рисунок 30 – После запуска ПО PC-DMIS

Создать новую программу с любым именем детали (рисунок 31). Номер редакции и порядковый номер можно не указывать. Прочие данные не менять.

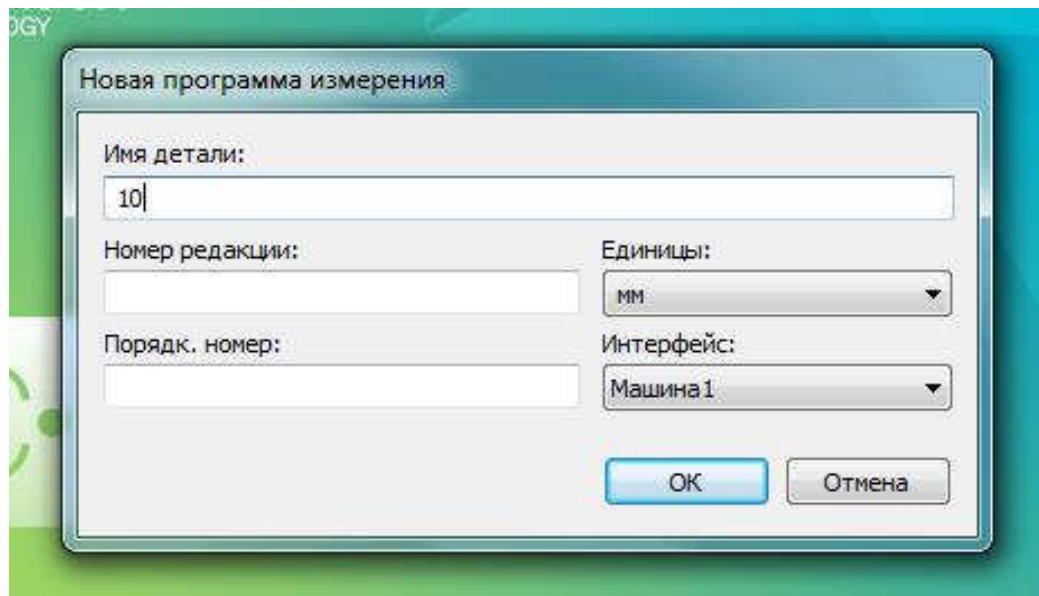


Рисунок 31 – Создание любой новой программы

После открытия только что созданной программы ПО PC-DMIS автоматически откроет окно «Улиты щупа» (рисунок 32), в котором необходимо выбрать угловое положение ИН. В нашем случае это положение T1A0B0 (т.к. ИН в магазине стоят в плоскости XOY) из списка активных щупов. Откалибровать ИН в данном положении по сфере, и если данные о калибровке устроят оператора – продолжить привязку магазина ИН. В противном случае заново калибровать по сфере.

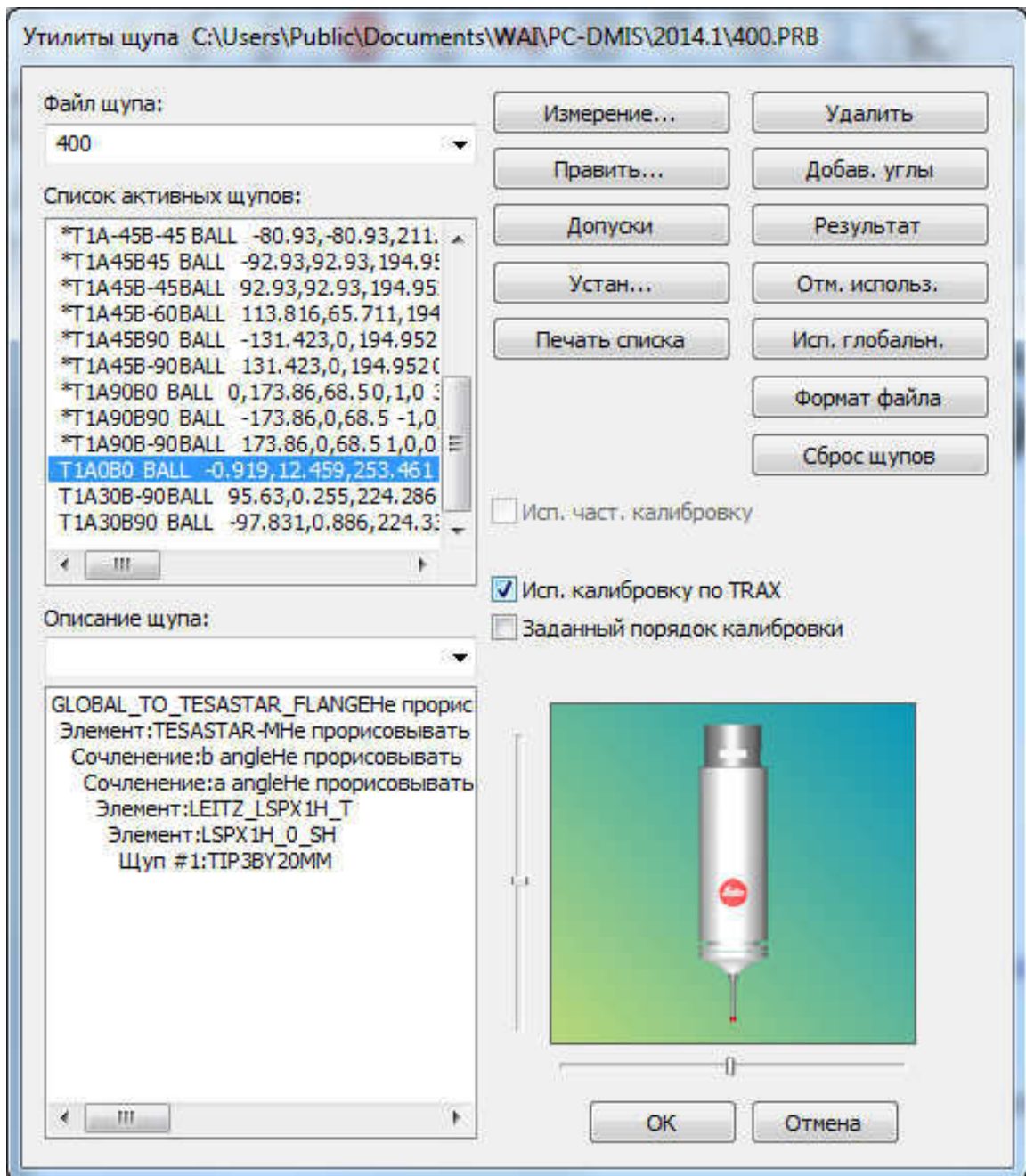


Рисунок 32 – Выбор углового положения наконечника

После калибровки ИН выбрать мышкой «Операции» → «Калибровка/Редактирование» → «Магазин смены щупов» (рисунок 33). Откроется окно настроек магазина ИН (рисунок 34). На вкладке «Тип» данные неизменны. Переходим на вкладку «Калибровать» (рисунок 35).

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

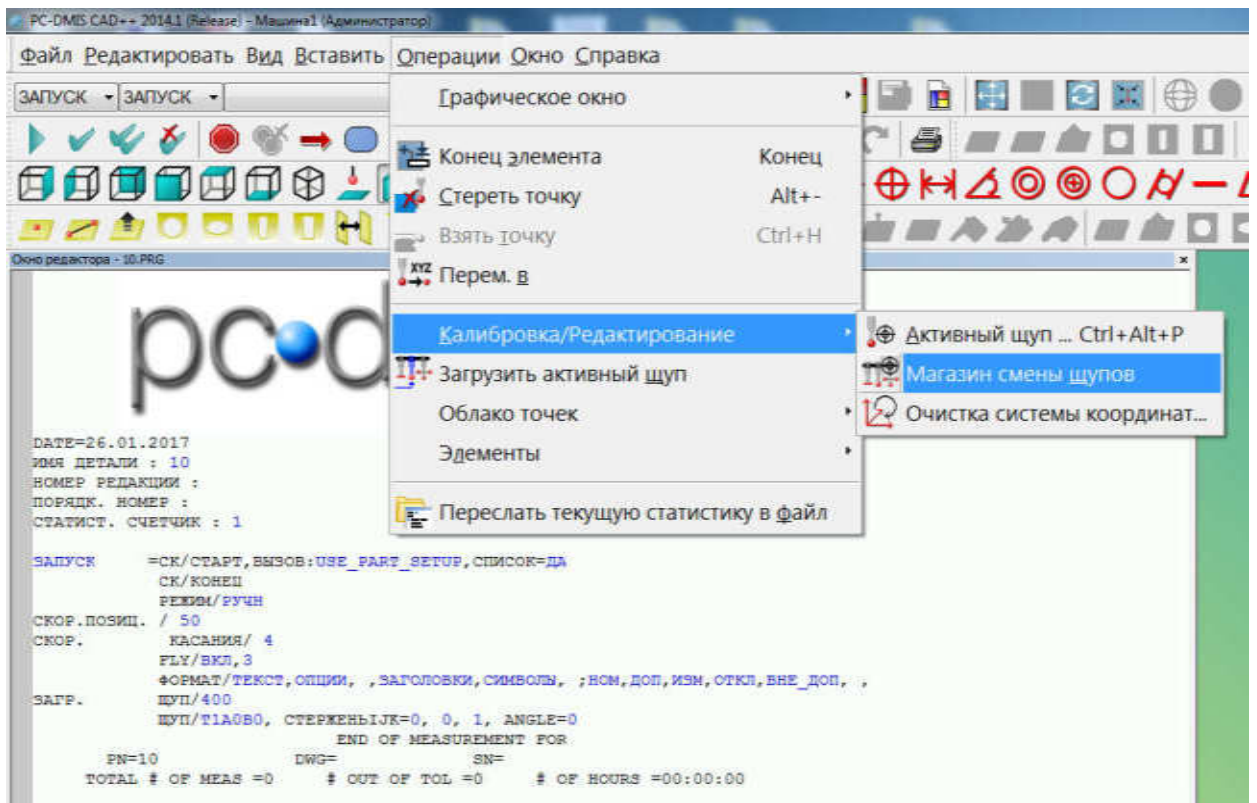


Рисунок 33 – Как попасть в меню магазина ИН

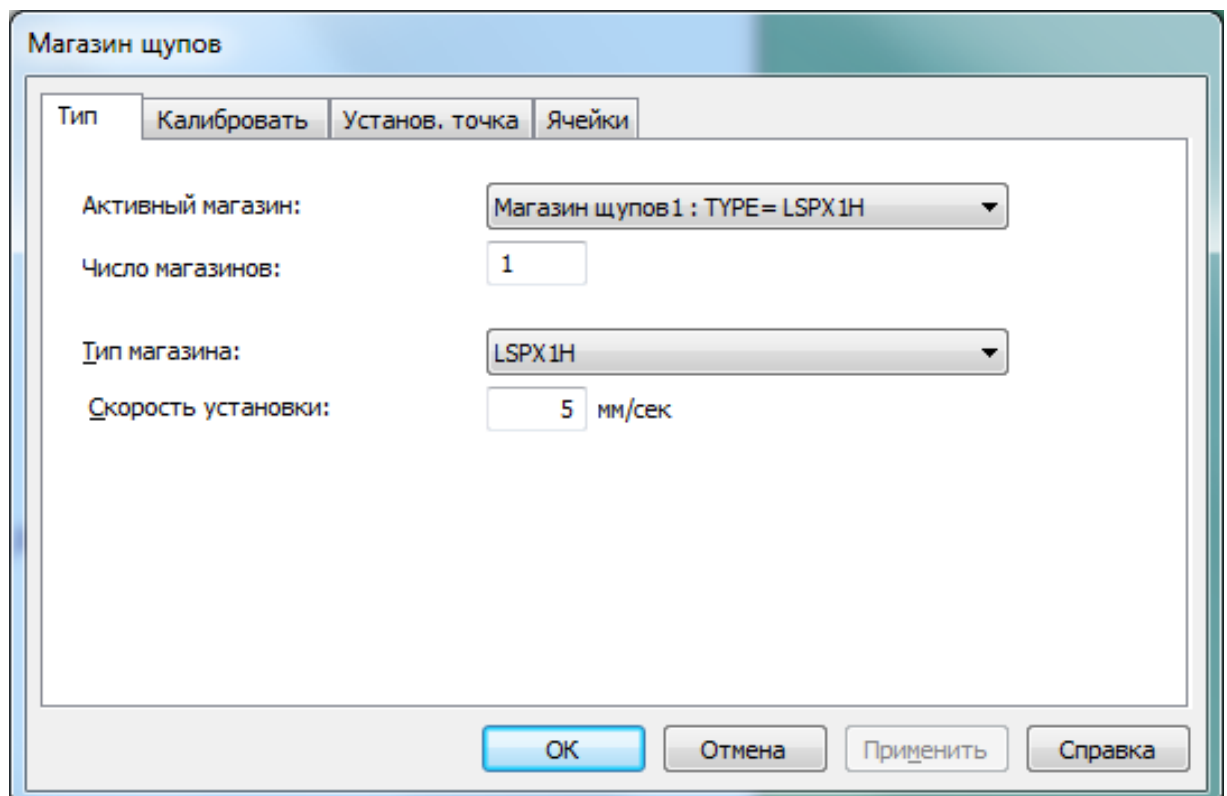


Рисунок 34 – Окно настроек магазина ИН, вкладка «Тип»

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

55

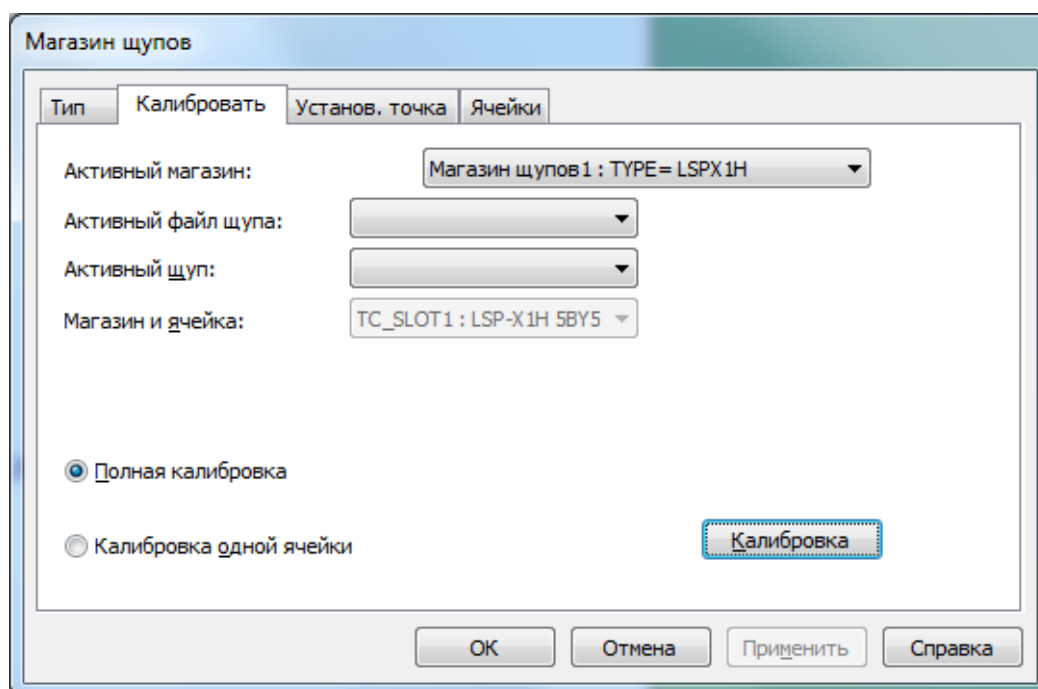


Рисунок 35 – Окно настроек магазина ИН, вкладка «Калибровать»

В выпадающем меню «Активный файл щупа» выбрать уже установленный на КИМ и откалиброванный по сфере ИН (рисунок 36). После этого в выпадающем меню «Активный щуп» автоматически пропишется необходимая информация о положении выбранного ИН (рисунок 37).

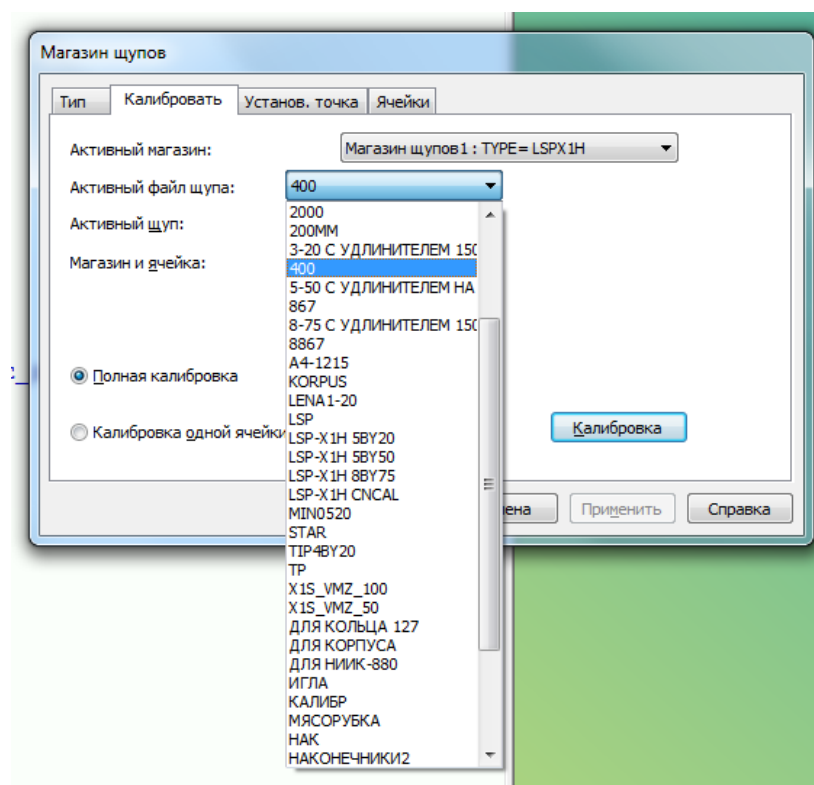


Рисунок 36 – Выбор установленного на КИМ и откалиброванного ИН

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

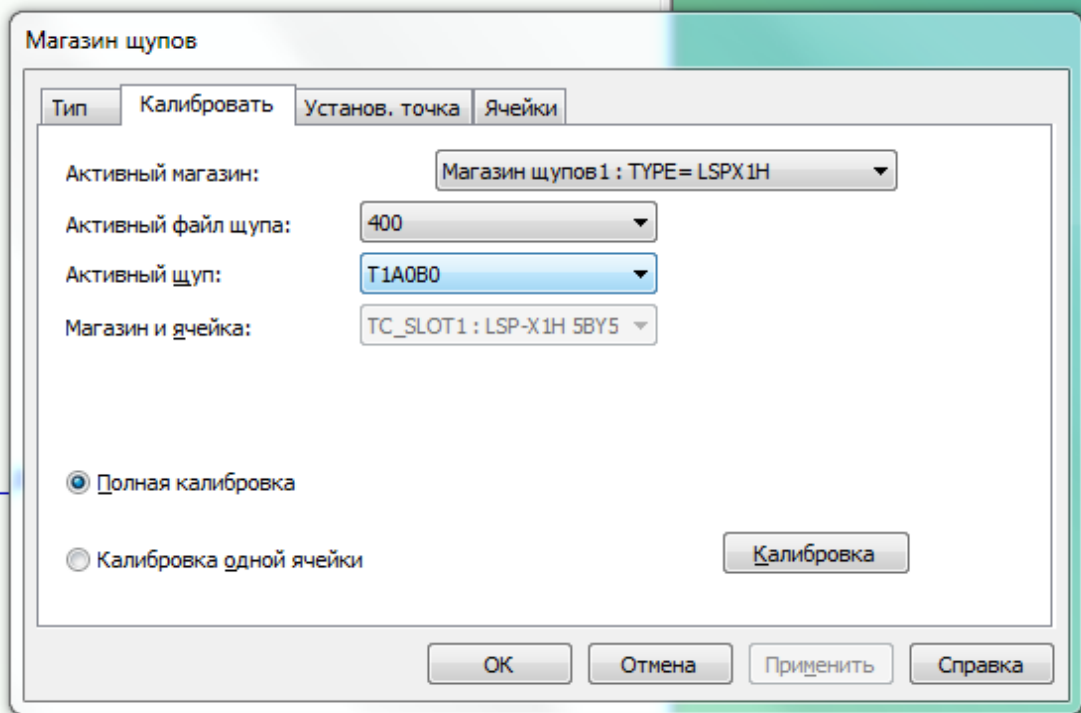


Рисунок 37 – Автоматическое заполнение выпадающего меню «Активный щуп»

После чего снова перейти на вкладку «Тип», установить маркер «Полная калибровка» и нажать кнопку «Калибровка». Машина спросит разрешения повернуть ИН в положение T1A0B0, даже если он уже повернут. В противном случае оператор должен убедиться, что ИН ничего не мешает повернуться в это положение и нажать «ОК» (рисунок 38).

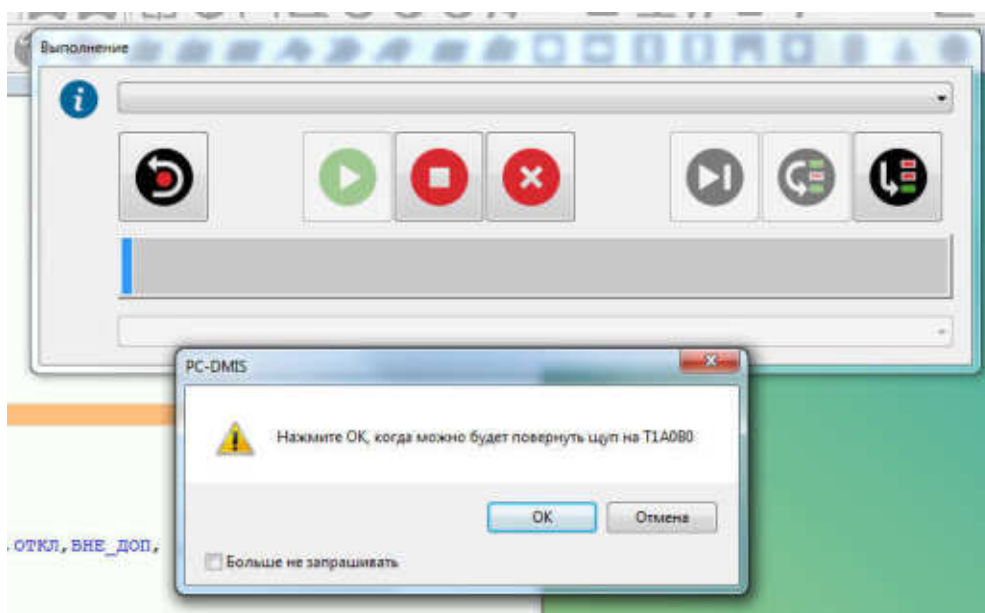


Рисунок 38 – Поворот ИН в положение T1A0B0

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

Далее появится окно с инструкцией по снятию точки №1 в ручном режиме (рисунок 39). Всего в ручном режиме снимается 5 точек, остальные машина снимает самостоятельно. Прочитать появившуюся на экране инструкцию, нажать «ОК». Появится окно для снятия точки (рисунок 40), после чего снять точку с указанного места магазина ИН (рисунок 41).

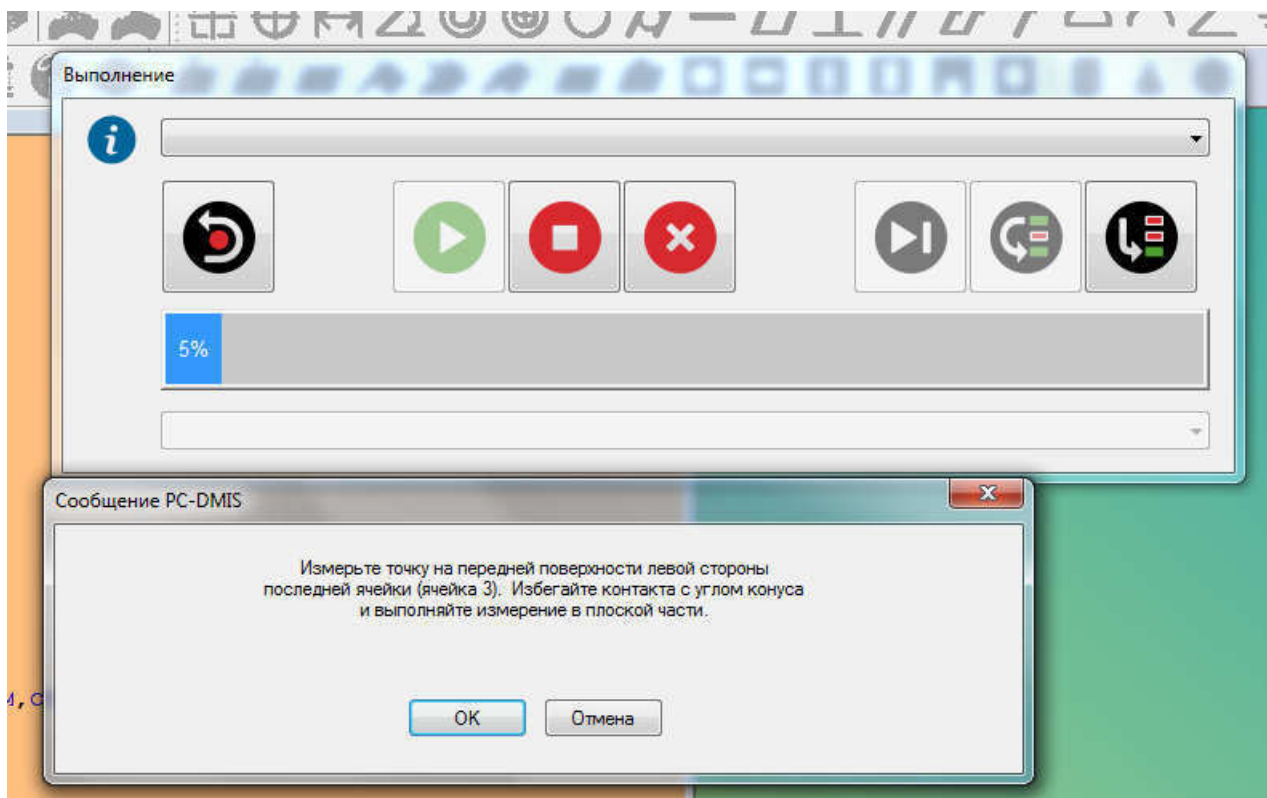


Рисунок 39 – Инструкция по снятию точки №1

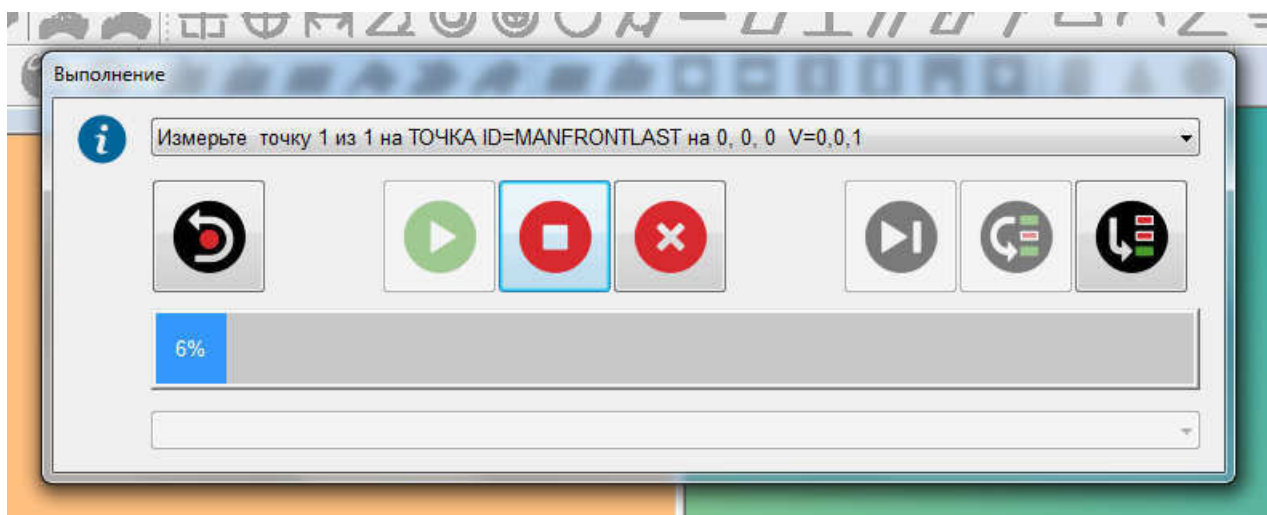
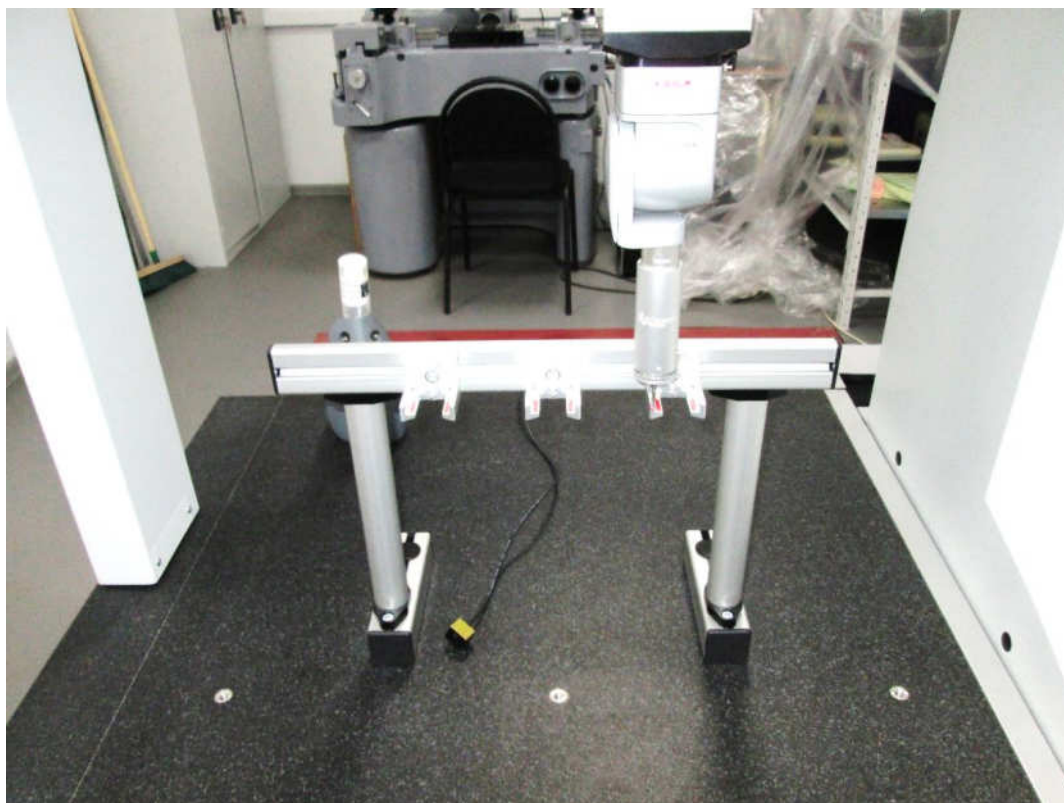
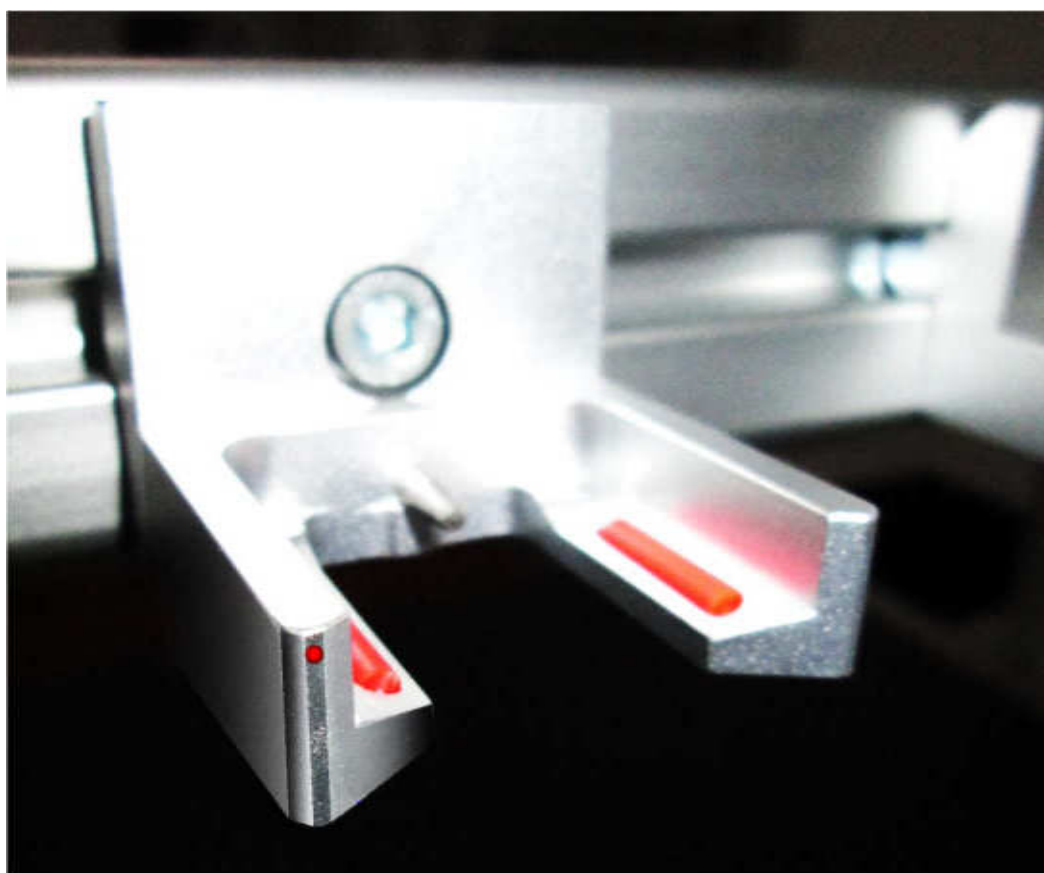


Рисунок 40 – Окно снятия точки №1



а) Общий вид



б) Укрупнённо

Рисунок 41 – Снятие точки №1

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

59

После касания ИН поверхности магазина на экране появится окно «Конец измерения» (рисунок 42). Оператор должен нажать «ОК» на джойстике.

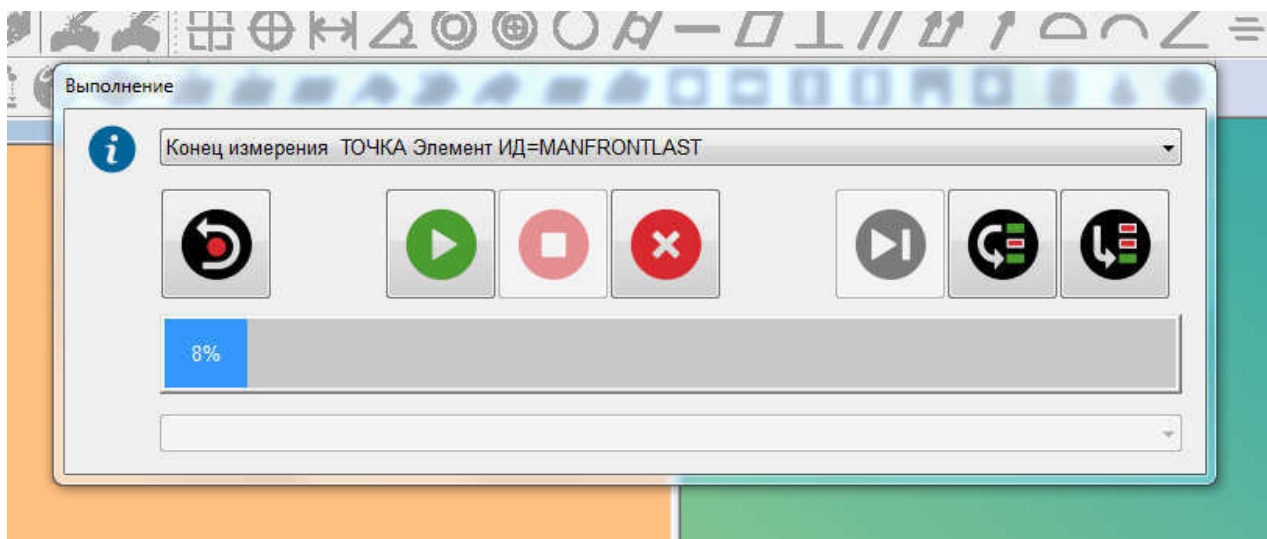


Рисунок 42 – Окно «Конец измерения»

Далее появится окно с инструкцией по снятию точки №2 в ручном режиме (рисунок 43). Прочитать появившуюся на экране инструкцию, нажать «ОК». Появится окно для снятия точки, после чего снять точку с указанного места магазина ИН (рисунок 44).

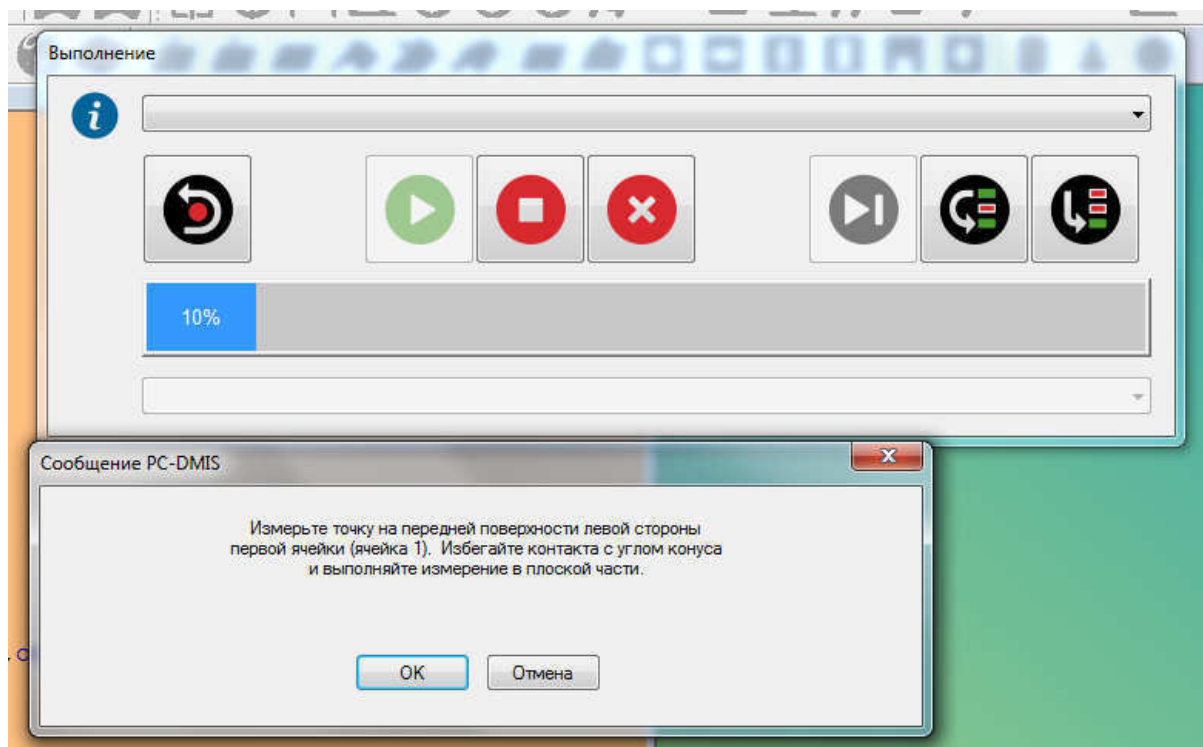


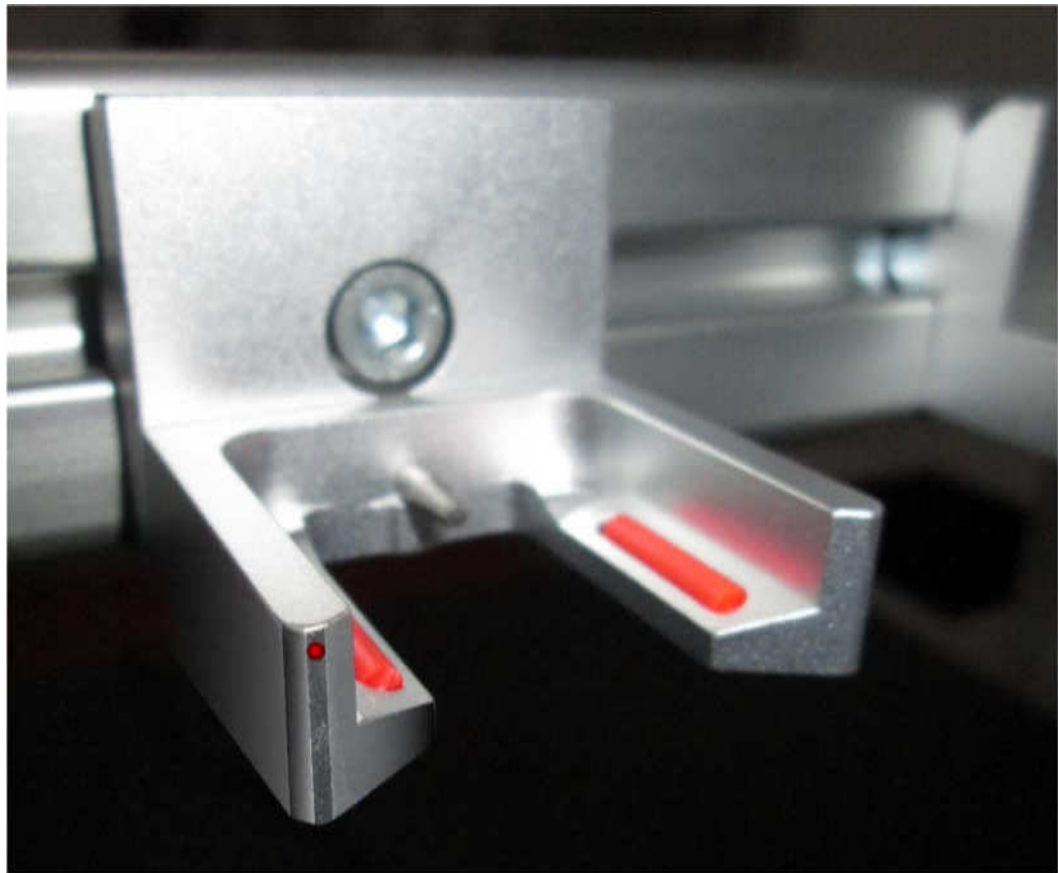
Рисунок 43 – Инструкция по снятию точки №2

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |





а) Общий вид



б) Укрупнённо

Рисунок 44 – Снятие точки №2

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

61

После касания ИН поверхности магазина на экране появится окно «Конец измерения». Оператор должен нажать «ОК» на джойстике.

Далее появится окно с инструкцией по снятию точки №3 в ручном режиме (рисунок 45). Прочитать появившуюся на экране инструкцию, нажать «ОК». Появится окно для снятия точки, после чего снять точку с указанного места магазина ИН (рисунок 46).

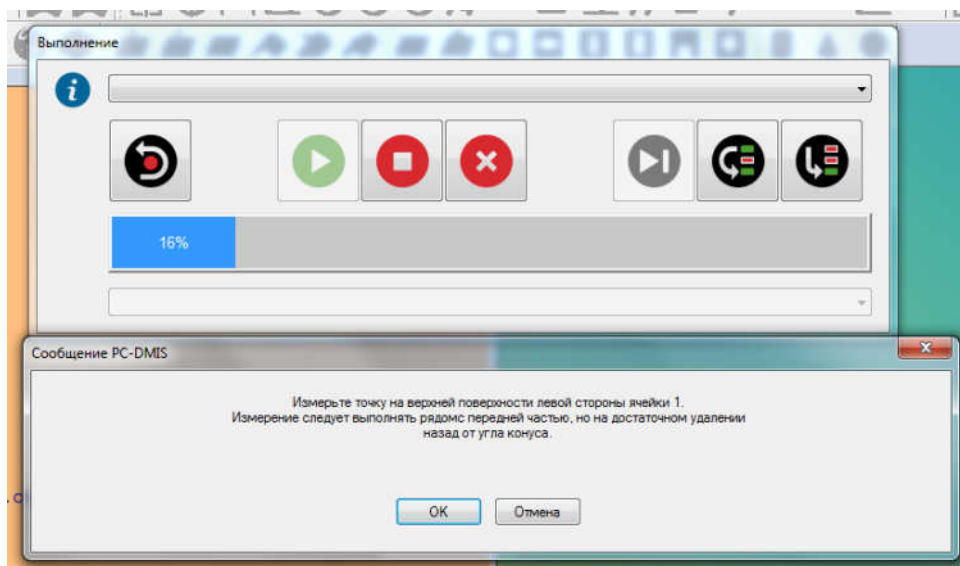
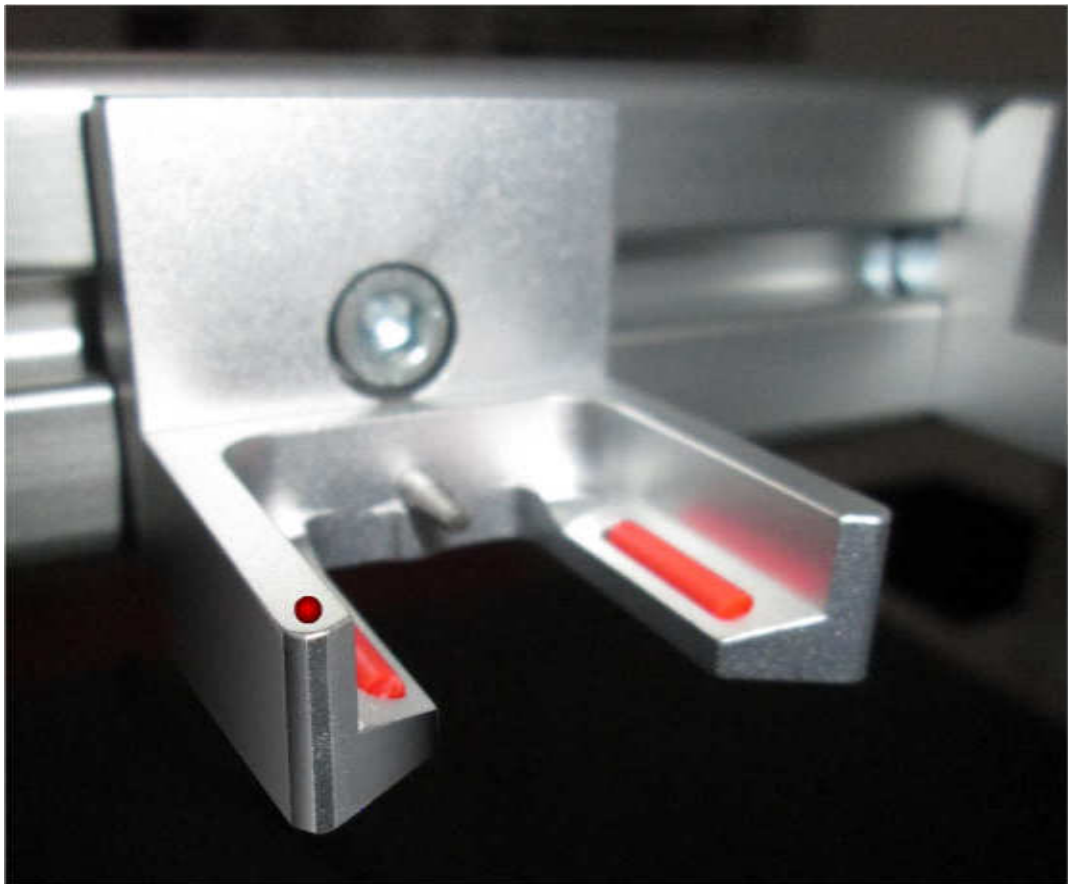


Рисунок 45 – Инструкция по снятию точки №3



а) Общий вид



б) Укрупнённо

Рисунок 46 – Снятие точки №3

После касания ИН поверхности магазина на экране появится окно «Конец измерения». Оператор должен нажать «ОК» на джойстике.

Далее появится окно с инструкцией по снятию точки №4 в ручном режиме (рисунок 47). Прочитать появившуюся на экране инструкцию, нажать «ОК». Появится окно для снятия точки, после чего снять точку с указанного места магазина ИН (рисунок 48).

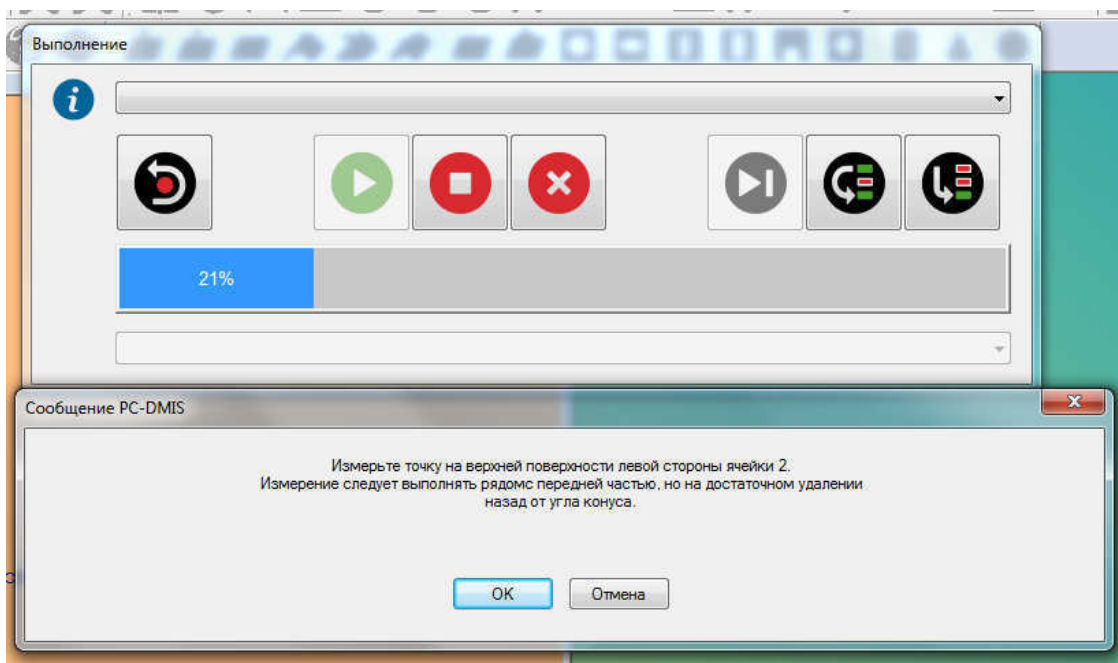


Рисунок 47 – Инструкция по снятию точки №4



а) Общий вид

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

64



б) Укрупнённо

Рисунок 48 – Снятие точки №4

После касания ИН поверхности магазина на экране появится окно «Конец измерения». Оператор должен нажать «ОК» на джойстике.

Далее появится окно с инструкцией по снятию точки №5 в ручном режиме (рисунок 49). Прочитать появившуюся на экране инструкцию, нажать «ОК». Появится окно для снятия точки, после чего снять точку с указанного места магазина ИН (рисунок 50).

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 65   |

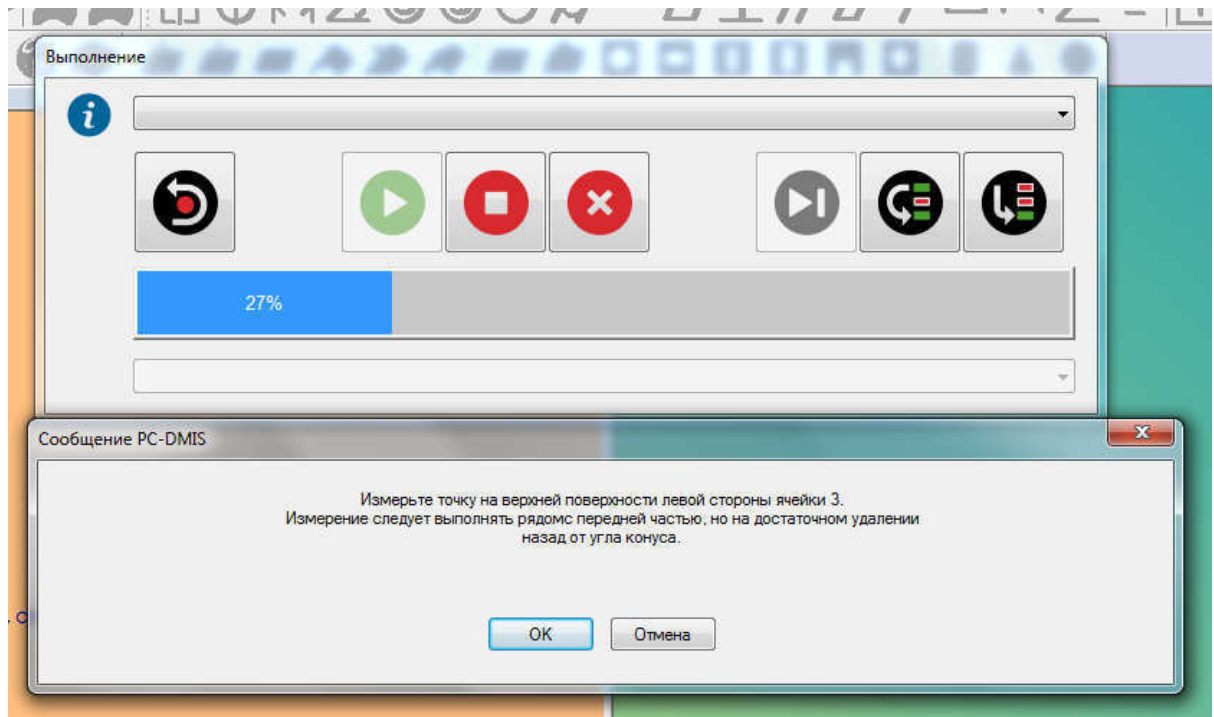
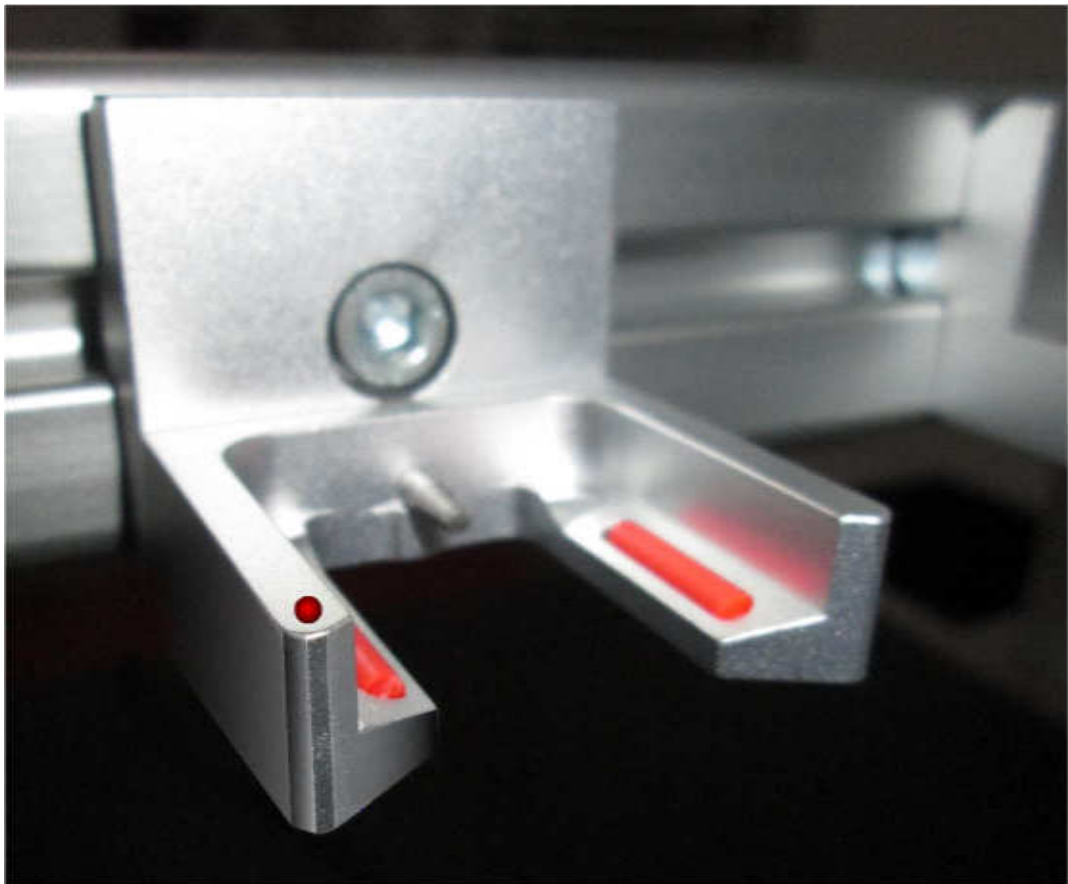


Рисунок 49 – Инструкция по снятию точки №5



а) Общий вид



б) Укрупнённо

Рисунок 50 – Снятие точки №5

После касания ИН поверхности магазина на экране появится окно «Конец измерения». Оператор должен нажать «ОК» на джойстике.

Далее появится окно с предупреждением «Удалите держатели стилусов из ячеек, после чего нажмите ОК» (рисунок 51). Освободите магазин от ИН, и нажмите «ОК», далее КИМ будет собирать точки в автоматическом режиме.

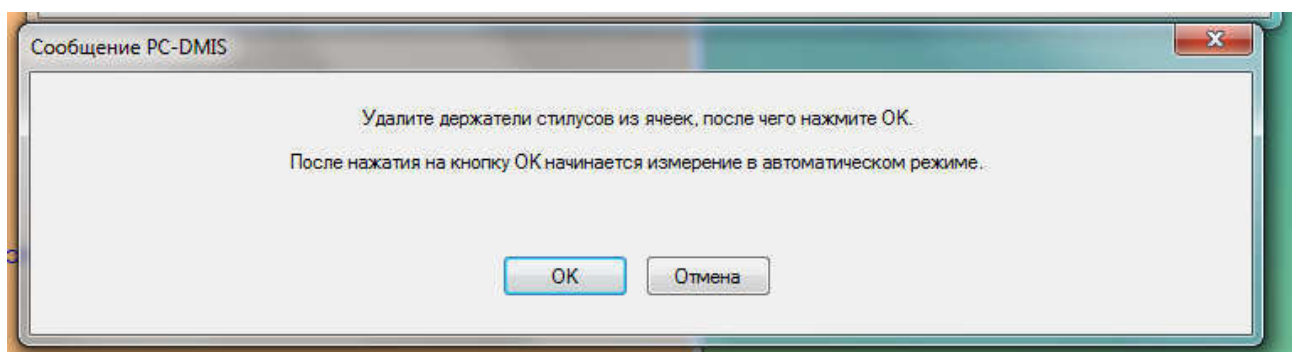


Рисунок 51 – Окно предупреждения

После сбора необходимых точек в автоматическом режиме магазин ИН будет откалиброван, и на экране снова появится окно калибровки (рисунок 52).

Проверить правильность его калибровки можно заменив ИН в программе на другой, прописанный в какой-либо из ячеек, и через «Операции → Загрузить активный щуп» на НЕБОЛЬШОЙ скорости попробовать заменить ИН. Повторить аналогичную замену ИН со всех трёх ячеек. Если всё будет работать нормально, то положение магазина можно считать откалиброванным.

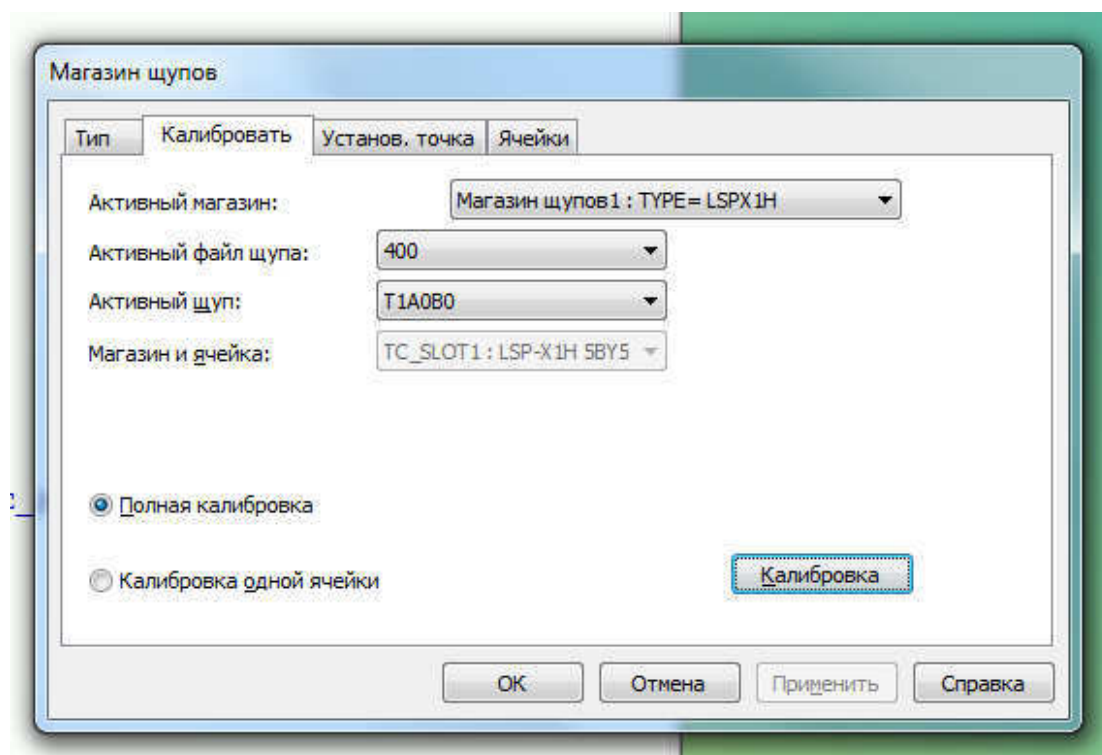


Рисунок 52 – Окно калибровки магазина ИН

На окончательно откалиброванном магазине необходимо установить все необходимые наконечники и прописать их положение в программе. После этого увеличить необходимо скорость смены ИН в автоматическом режиме, это значительно повысит производительность процесса КИ.

### 3.2.2 Используемая технологическая оснастка

Для того, чтобы провести измерения кольца не только в различных точках рабочего стола КИМ, но и при различных углах поворота ИГ, необходимо разработать приспособления для закрепления. На столе трехкоординатной КИМ существует специальная система резьбовых отверстий для крепления различной оснастки. Именно так крепится магазин ИН и калибровочная сфера, однако одних отверстий недостаточно для



установки кольца во всех требуемых положениях. Поэтому было решено разработать универсальный «конструктор» для закрепления на столе. Все разработки являются интеллектуальной собственностью «ЧелябНИИконтроль», картинки и фотографии приведены в данной ВКР для наглядности.

В качестве основания, которое устанавливается на стол КИМ были разработаны две плиты: с сеткой отверстий (рисунок 53) и с Т-образными пазами (рисунок 54). К плитам крепятся детали, однозначно базирующие измеряемую деталь на столе КИМ.

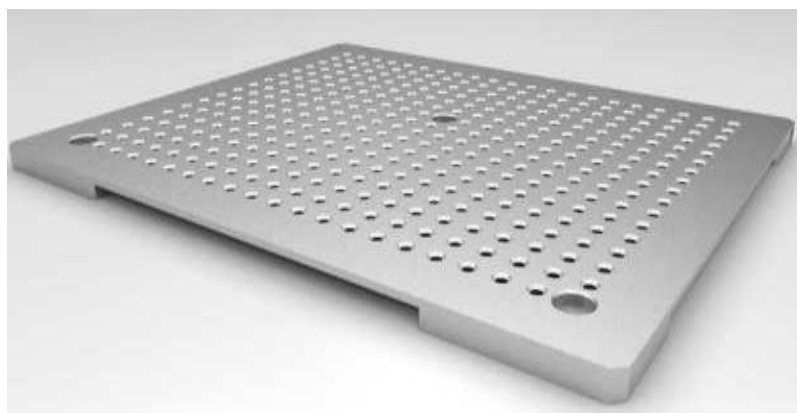


Рисунок 53 – Плита с сеткой отверстий

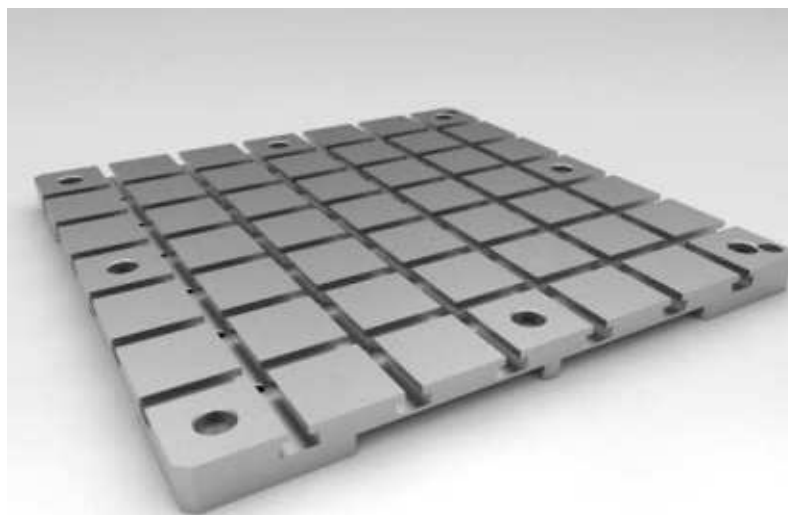


Рисунок 54 – Плита с Т-образными пазами

Для ориентации измеряемой детали в пространстве используются различные упоры (рисунок 55), для фиксации выбранного положения –

прижимы. Для поднятия упоров и планок на необходимую высоту разработаны специальные стойки различных длин.

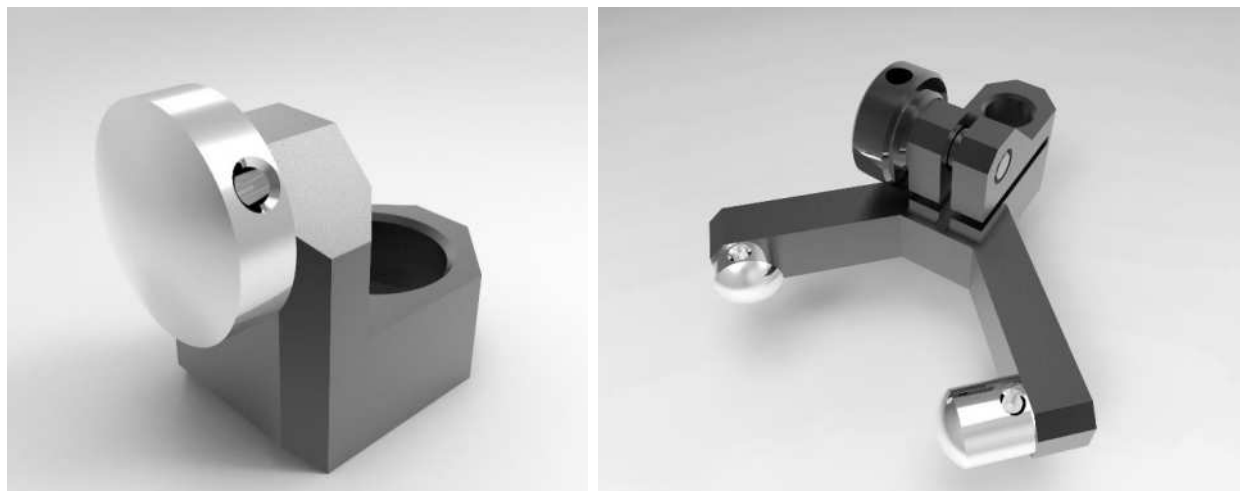


Рисунок 55 – Различные конфигурации разработанных упоров

Так как для экспериментов была выбрана цилиндрическая деталь, то для установки её на плитах в вертикальной плоскости была разработана призма (рисунок 56). Существующие на предприятии призмы не подходили для использования, так как были изготовлены для цилиндрических деталей меньших диаметров и не могли быть закреплены на плите.

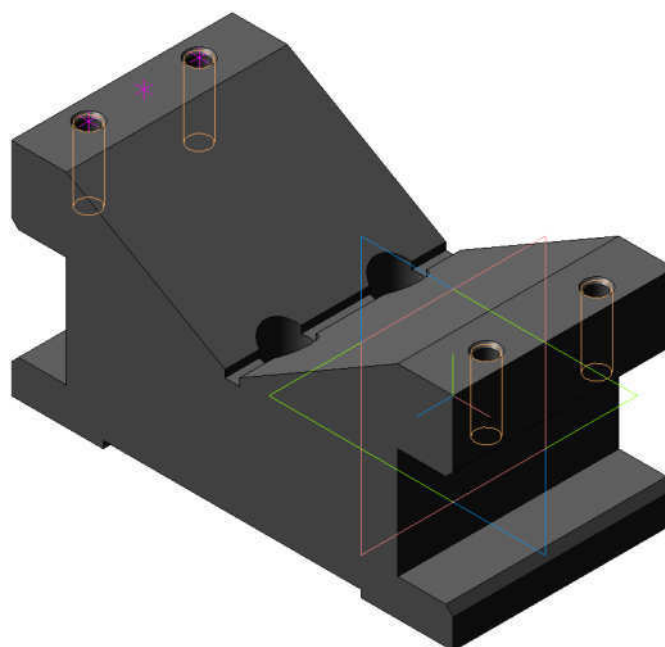


Рисунок 56 – Призма опорная

Лишь после изготовления описанной технологической оснастки появилась возможность провести серию экспериментов по КИ кольца. Для

этого была разработана методика проведения эксперимента. При обработки полученных результатов использовались несколько ПО.

Для увеличения производительности кольцо закреплялось на плите с Т-образными пазами в одном из трёх положений, после чего проводилось пять измерений (в каждой точке), причём именно плите перемещалась по столу КИМ. Далее кольцо пере закреплялось на плите и измерения проводились в пяти точках уже в другом положении (рисунки 57, 58 и 59).

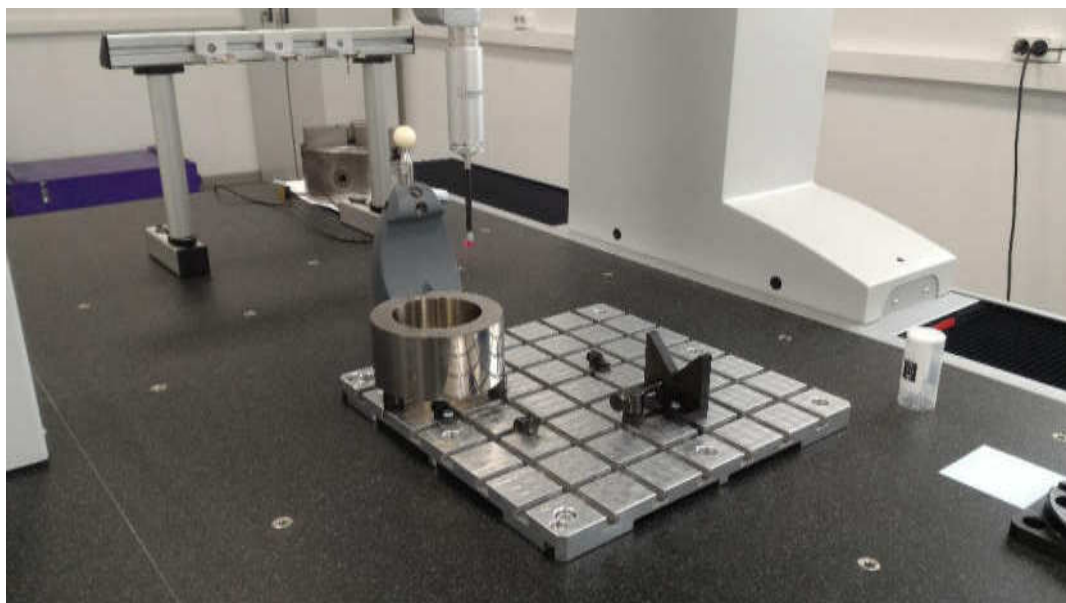


Рисунок 57 – Измерение кольца в точке 3 в положении А



Рисунок 58 – Измерение кольца в точке 3 в положении Б



Рисунок 59 – Измерение кольца в точке 3 в положении В

### 3.2.3 Методика проведения экспериментальных исследований

Как уже было сказано ранее, для экспериментальных измерений была выбрана деталь «Кольцо» (см.рисунок 3). Выбор обусловлен несколькими факторами: деталь была доступна (изготовлена с известным отклонением формы – огранка, так же имелся полный комплект документации), для её измерения в различных положениях нужно было изготовить минимум оснастки и внутренние отверстия очень распространены в машиностроении.

Для измерений было выбрано три положения кольца (см.рис.19), в которых будут сниматься точки. Положения выбирались в крайних, «узловых» точках стола КИМ (см.рис.24) с расчётом, чтобы по завершении экспериментов появилась возможность оценить, является ли одинаковой точность в разных местах рабочего пространства и при различных углах поворота ИГ.

Собранное в различных положениях кольца число точек (100 шт) является избыточным специально, для того чтобы построить окружности через 5, 10 и 30 точек. Выборки по 5, 10 и 30 точек генерируются по трём алгоритмам: случайно (равномерное распределение), случайно-последовательно и последовательно перебором. Программа для генерации выборок написана на языке программирования С# и приведена в приложении В.

Исходя из этих условий в ПО PS&MC были написаны программы для измерения кольца (приложение Г) в трёх положениях. в результате выполнения программы на КИМ есть возможность просмотреть и сохранить отчёт (приложение Д). Однако в отчёте слишком много лишней информации, мешающей проведению статистического анализа полученных результатов. Для считывания из отчёта необходимых данных на языке программирования С# была написана вторая программа (приложение Е).

После написания и отладки всех вышеперечисленных программ появилась возможность приступить к выполнению измерений кольца в пяти точках в трёх положениях. Процесс измерений занял времени больше, чем планировалось, т.к. КИМ в основном загружена производственными задачами.

По итогам всего вышеперечисленного был составлен план проведения экспериментов:

1. Установить цель экспериментов.
2. Уточнить условия проведения (подобрать положения детали, способ снятия точек, конфигурацию наконечников, скорости и т.д.).
3. Выявить входные и выходные параметры (входными являются деталь и оборудования, стратегия измерения, способ генерации выборки и т.д.; выходными – значения диаметров, координаты центров окружностей в поперечном сечении).
4. Пробная серия измерений и внесение изменений в проведение эксперимента (по необходимости).
5. Статистическая обработка результатов измерений.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 73   |

6. Объяснение полученных результатов.

3.2.4 Анализ эффективности разработанных метрологических решений

Под эффективностью КИ понимают достоверность результатов и производительность процесса измерений. Понятно, что чем больше точек с контролируемой поверхности будет собрано – тем более точный размер будет получен, однако сбор большого массива координат занимает много времени и тормозит технологический процесс (ТП).

Производительность КИ – это промежуток времени, за которое КИМ измеряет нужную поверхность или деталь. В данной работе не рассматривается измерение целой детали, здесь анализируется только измерение цилиндрических отверстий, поэтому можно говорить лишь о производительности их контроля.

ПО PS&MC имеет собственный язык программирования, позволяющий написать циклы построения окружностей по координатам измеренных точек. Причём координаты снимаются с указанного цилиндра один раз, а построить можно неограниченное число окружностей.

Как было написано ранее, строились окружности, проходящие через 5, 10 и 30 точек, причём измерены были 100 точек и через них строилась эталонная окружность. Необходимо было решить, сколько окружностей необходимо построить для статистического анализа.

Эмпирически было установлено, что 50 окружностей, построенных через 5, 15 и 20 точек является недостаточным для проведения адекватного статистического анализа, однако 50 окружностей ПО PS&MC строит за 10 минут, что является приемлемым. 100 окружностей строятся за 30 минут, построение 500 окружностей занимает 3 часа. Подобное увеличение времени в геометрической прогрессии получается ввиду ограниченности оперативной памяти компьютера КИМ. Не рассчитанного на подобные задачи

Очевидно, что 3 часа простоя КИМ крайне непроизводительны, и 500 окружностей является избыточным для статистики. Поэтому решено было

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 74   |

считать по 50 окружностей для каждой скорости при четырёх возможных методах аппроксимации.

Под достоверностью КИ понимается соответствие полученного результата действительности, т.е. оператор КИМ должен собрать количество точек, достаточное для расчёта интересующего параметра. Получить реальное значение диаметра отверстия невозможно, однако если собрать избыточное количество точек, то можно построить эталонную окружность (рисунок 60), с которой будут сравниваться остальные.



Рисунок 60 – Эталонная окружность, построенная через 100 точек

Окружности, построенные через 5, 15 и 20 точек представлены на рисунках 61, 62 и 63. Эмпирически было доказано, что 5 точек является недостаточным для адекватной оценки погрешности формы и диаметра измеряемого цилиндра в среднем сечении. Окружность, проведённая через 15 точек практически не отличается от окружности, проведённой через 20 точек (отклонение от круглости и диаметр визуально и численно равнозначны).

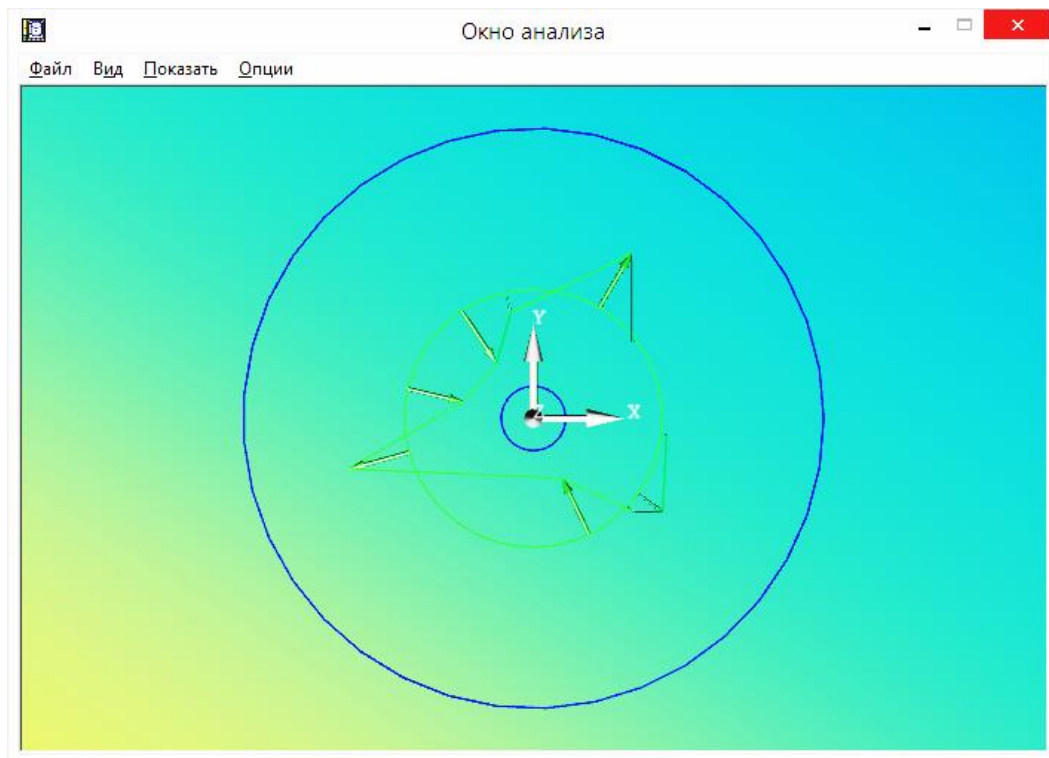


Рисунок 61 – Окружность, построенная через 5 точек



Рисунок 62 – Окружность, построенная через 15 точек

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

76



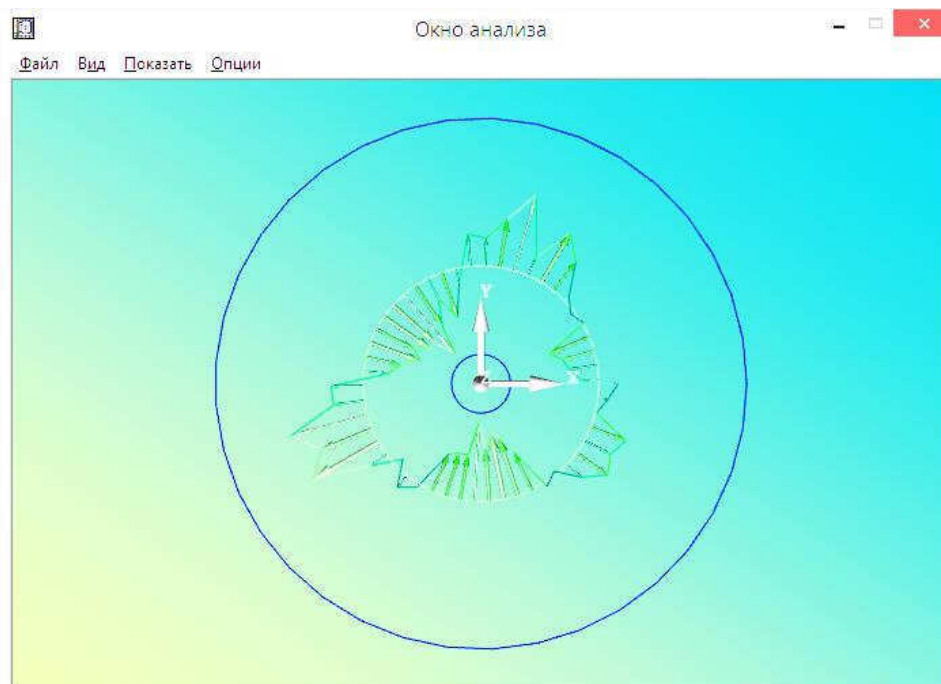


Рисунок 63 – Окружность, построенная через 20 точек

Более производительным является построение окружностей через 15 точек, т.е. нет смысла снимать большой массив координат для получения достоверного результата. Однако для подтверждения данного вывода для всех скоростей измерения, для двух режимов и для четырёх методов аппроксимации будут построены окружности через 5, 15 и 20 точек, а т.ж. эталонные.

### 3.2.5 Подготовка статей по результатам практических исследований

По результатам проделанной были подготовлены статьи:

1. «Организация обмена метрологическими данными в едином информационном пространстве машиностроительного производства». (рисунок 64).

# ОРГАНИЗАЦИЯ ОБМЕНА МЕТРОЛОГИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

СУРКОВ ИГОРЬ ВАСИЛЬЕВИЧ<sup>1</sup>, БУРТОВАЯ А.И., МИРОНОВА НАТАЛЬЯ ЕВГЕНЬЕВНА<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76

Тип: статья в сборнике статей    Язык: русский    Год издания: 2016

Страницы: 32-41

УДК: 621.9.06

## ИСТОЧНИК:

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ  
тематический сборник научных трудов. Челябинск, 2016  
Издательство: Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (Челябинск)

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, МЕТОДИКА КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СИСТЕМЫ, КОНСТРУКТОРСКО-МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕТАЛИ, КОНСТРУКТОРСКО-МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ

## АННОТАЦИЯ:

Приведено описание разработанного программного обеспечения для координатных измерений. Рассмотрены вопросы повышения степени автоматизации процессов проектирования технологий контроля, а также основные направления внедрения новой концепции конструкторско-метрологической модели, обеспечивающей обмен данными о размерно-точностных параметрах детали в едином информационном пространстве современного машиностроительного производства

## БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ:

- ❓ Входит в РИНЦ®: да
- ❓ Входит в ядро РИНЦ®: нет
- ❓ Входит в Scopus®: нет
- ❓ Входит в Web of Science®: нет
- ❓ Норм. цитируемость по направлению: 0
- ❓ Тематическое направление: Civil engineering
- ❓ Рубрика ГРНТИ: Машиностроение / Общие вопросы машиностроения
- ❓ Число цитирований в РИНЦ®: 0
- ❓ Число цитирований в ядре РИНЦ®: 0
- ❓ Число цитирований в Scopus®:
- ❓ Число цитирований в Web of Science®:
- ❓ Дециль в рейтинге по направлению: 10

## Рисунок 64 – Статья в e-library

2. «Разработка концепции конструкторско-метрологической детали для автоматизации координатных измерений» (рисунок 65).

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 78   |

# РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ КОНСТРУКТОРСКО-МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

СУРКОВ И.В.<sup>1</sup>, БУРТОВАЯ А.И.<sup>1</sup>, МИРОНОВА Н.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Челябинский научно-исследовательский и конструкторский институт средств контроля и измерений в машиностроении

<sup>2</sup> Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)

Тип: статья в сборнике трудов конференции    Язык: русский    Год издания: 2016

Страницы: 458-463

## ИСТОЧНИК:

ПРОМ-ИНЖИНИРИНГ  
труды II международной научно-технической конференции. ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет). 2016  
Издательство: Издательский центр ЮУрГУ (Челябинск)

## КОНФЕРЕНЦИЯ:

ПРОМ-ИНЖИНИРИНГ  
Челябинск - Новочеркасск - Волгоград - Астана, 19-20 мая 2016 г.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, МЕТОДИКА КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ, КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И СИСТЕМЫ, КОНСТРУКТОРСКО-МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕТАЛИ, КОНСТРУКТОРСКО-МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ, COORDINATE MEASURING SOFTWARE, COORDINATE MEASUREMENT METHODOLOGY, COORDINATE MEASURING MACHINES AND SYSTEMS, DESIGN AND METROLOGICAL MODEL OF PART, DESIGN AND METROLOGICAL FEATURE

## АННОТАЦИЯ:

Приведено описание разработанного программного обеспечения для координатных измерений. Рассмотрены вопросы повышения степени автоматизации процессов проектирования технологий контроля.

## БИБЛИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ:

- ❓ Входит в РИНЦ®: да
- ❓ Входит в ядро РИНЦ®: нет
- ❓ Входит в Scopus®: нет
- ❓ Входит в Web of Science®: нет
- ❓ Норм. цитируемость по направлению:
- ❓ Тематическое направление: нет
- ❓ Рубрика ГРНТИ:    Машиностроение
- ❓ Число цитирований в РИНЦ®: 0
- ❓ Число цитирований в ядре РИНЦ®: 0
- ❓ Число цитирований в Scopus®:
- ❓ Число цитирований в Web of Science®:
- ❓ Дециль в рейтинге по направлению:

Рисунок 65 – Статья в e-library

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 79   |

Так же опубликованы ещё одна статья, которая не входит в цитируемые издания, и потому не отображаются на сайте e-library: «Автоматизация проектирования технологий контроля на координатно-измерительных машинах и системах», Уфа 2016, VI Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция, сборник «Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий». Краткое описание данной статьи можно просмотреть в личном кабинете системы ЮУрГУ Универис, а так же в Google Академии.

### 3.3 Обработка и анализ результатов

Массивы координат, полученные при измерениях кольца во всех трёх положениях в каждой из пяти точек рабочего стола КИМ, можно анализировать как отдельно, в ПО ТЕХНОкоорд, так и рассматривать значения, полученные в ПО PC&DMIS. Ввиду нехватки времени анализ будет проводиться только по диаметрам, рассчитанным ПО PC&DMIS (аналогичным образом можно рассматривать и координаты центров окружностей, определённые там же).

Для статистической обработки полученных результатов использовались стандартные термины и формулы математической статистики [23]. В основном по значениям диаметров (выборки в 50 элементов) необходимо было подтвердить характер распределения случайной величины. Теоретически распределения должно было быть нормальным при любом методе аппроксимации и любом количестве точек в выборке. Для подтверждения гипотезы необходимо построить график распределения выборки. При этом вычисляется математическое ожидание и дисперсия, строится гистограмма относительных частот, устанавливается статистический (эмпирический) закон распределения и записывается его функция плотности. С помощью критерия Пирсона проверяется гипотеза о согласии эмпирического закона распределения случайной величины с нормальным законом распределения (законом Гаусса).

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 80   |

Далее строится кривая нормального распределения, за параметры кривой принимаются найденные оценки математического ожидания и дисперсии. По итогу вычисляют доверительный интервал для математического ожидания и дисперсии.

Для начала всю выборку полученных значений преобразуют в вариационный (интервальный) ряд. Для этого её упорядочивают, т.е. записывают все значения с.в. по возрастанию, находят минимальное и максимальное значения.

После чего разбивают диапазон изменения случайной величины на интервалы. Число интервалов определяется по следующей полуэмпирической формуле:

$$k = 1 + 3,322 * \lg(n).$$

Полученное значение округляют до ближайшего целого. Затем рассчитывается ширина каждого интервала, которую выбирают с точностью выборки и округляют в сторону завышения:

$$D = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k}.$$

Границы интервалов вычисляют по формуле:

$$x_0 = x_{\min}, x_{i+1} = x_i + D \quad (i = 0, 1, 2, K, k - 1).$$

По протоколу выборки подсчитывают частоту интервала – количество элементов  $n_i$ , попавших в  $i$ -тый интервал. Если элемент совпадает с границей интервала, то он относится к предыдущему интервалу. Вычисляют относительные частоты интервалов:

$$P_i^* = \frac{n_i}{n} \quad (i = 1, 2, \dots, k).$$

Оценки математического ожидания и дисперсии вычисляются по формулам:

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 81   |

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i x_i}{n}, \bar{D} = S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n n_i (x_i - \bar{x})^2}{n - 1},$$

где  $n_i$  – частота варианты  $x_i$  в выборке объема  $n$ .

Если объем выработки велик, то вычисление точечных оценок математического ожидания  $\bar{x}$  и дисперсии  $S^2$  по данным формулам громоздко. Для сокращения вычислений элементам выборки, попавшим в  $i$ -тый интервал, припишем значения равные серединам интервалов:

$$\bar{x}_i = \frac{x_{i-1} + x_i}{2} \quad (i = 1, 2, \dots, k).$$

Для упрощения дальнейших выкладок варианты  $\bar{x}_i$  заменяем на условные варианты  $\bar{y}_i$  по формуле:

$$\bar{y}_i = \frac{\bar{x}_i - c}{\Delta} \quad (i = 1, 2, \dots, k),$$

где  $c$  называется **ложным нулем** (новым началом отсчета). Ложный ноль находим по следующему правилу:

если число интервалов нечетное, то в качестве ложного нуля берем середину среднего интервала, если четное, то середину того интервала, у которого больше частота  $n_i$ .

При этом варианте, которая принята в качестве ложного нуля, соответствует условная варианта, равная нулю.

Дисперсия оценивается по формуле:

$$\begin{aligned} S^2 &= M[\bar{x}]^2 - [M(\bar{x})]^2 = \\ &= \sum_{i=1}^k \bar{x}_i^2 \cdot p_i^* - (\bar{x})^2 = \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i \Delta + c)^2 \cdot p_i^* - \left[ \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i \Delta + c)^2 \cdot p_i^* \right]^2 = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \Delta^2 \sum_{i=1}^k \bar{y}_i^2 \cdot p_i^* - 2\Delta \cdot c \sum_{i=1}^k \bar{y}_i^2 \cdot p_i^* + c^2 \sum_{i=1}^k p_i^* - \left( \Delta \cdot \sum_{i=1}^k \bar{y}_i^2 \cdot p_i^* + c \right)^2 = \\
&= \Delta^2 \sum_{i=1}^k \bar{y}_i^2 \cdot p_i^* - \Delta^2 \left( \sum_{i=1}^k \bar{y}_i^2 \cdot p_i^* \right)^2 = \Delta^2 [h_2 - (h_1)^2].
\end{aligned}$$

Для сравнения подсчитывается  $\bar{\sigma}$  по «**правилу 3σ**». Так как для случайной величины, имеющей нормальное распределение, почти все рассеивания укладывается на участке **3σ**, то с помощью «**правила 3σ**» можно ориентировочно определить оценку среднего квадратического отклонения случайной величины. Берут максимальное практически возможное отклонение от среднего значения и делят его на три:

$$\bar{\sigma} \approx \frac{\max(x_{max} - \bar{x}, \bar{x} - x_{min})}{3}.$$

По полученным данным строятся гистограмма и кривая нормального распределения. Гистограммой называется ступенчатая фигура, состоящая из прямоугольников, основаниями которых служат частичные интервалы длиной  $\Delta$ , а высоты равны  $\frac{P^*}{\Delta}$  (плотность относительной частоты).

Для автоматизации расчётов (что увеличит скорость и снизит влияние человеческого фактора) решено было воспользоваться стандартным ПО MS Office: Excel. В таблицы внесены данные, извлечённые из протокола ПО PC&DMIS специальной подпрограммой (рисунок 66). Средствами данной программы для удобства восприятия различными цветами выделены отличающиеся значения, а так же построены несколько видов графиков. Одни графики отражают проверку равной частоты выбора каждого индекса снятой координаты (т.е. в 50 выборках индексы 5 и 8, как и все остальные от 1 до 100, встречаются с примерно равной частотой). На 50 выборках подобное отследить сложно (слишком малый объём), поэтому для проверки были сгенерированы 500 выборок (рисунок 67). разброс между максимальным и

минимальным значением составил всего 6 единиц, что является приемлемым результатом.

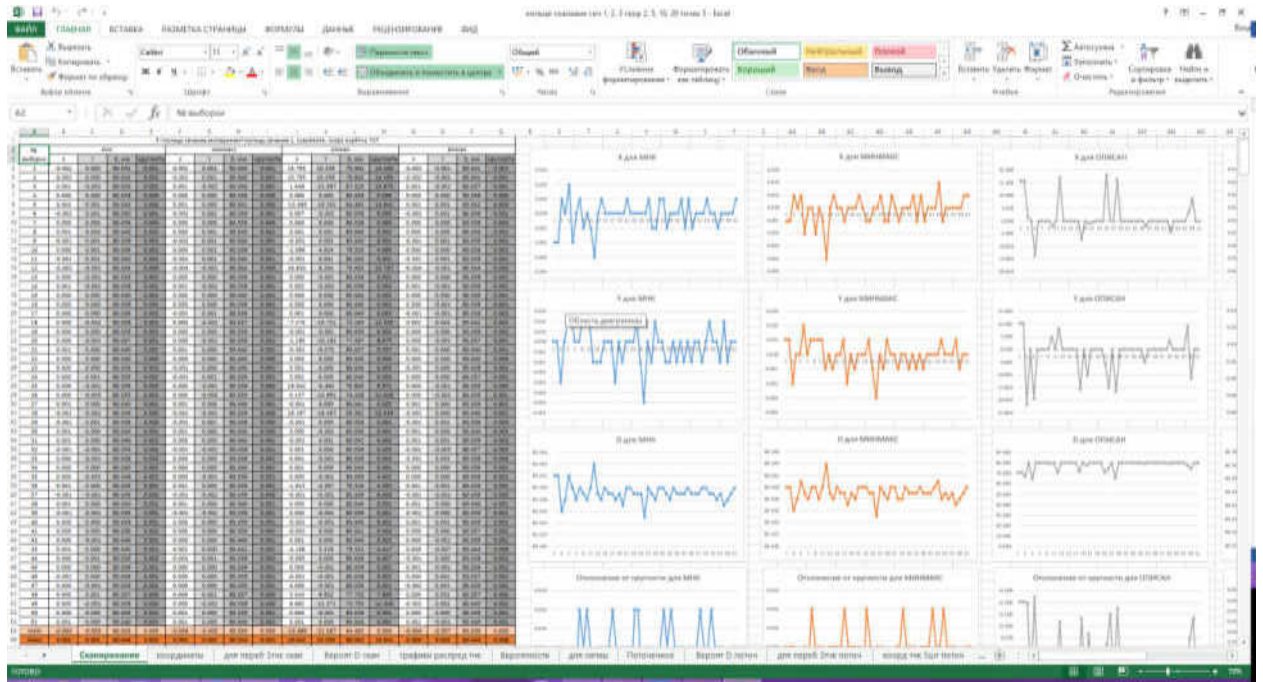


Рисунок 66 – Данные в таблицах MS Excel

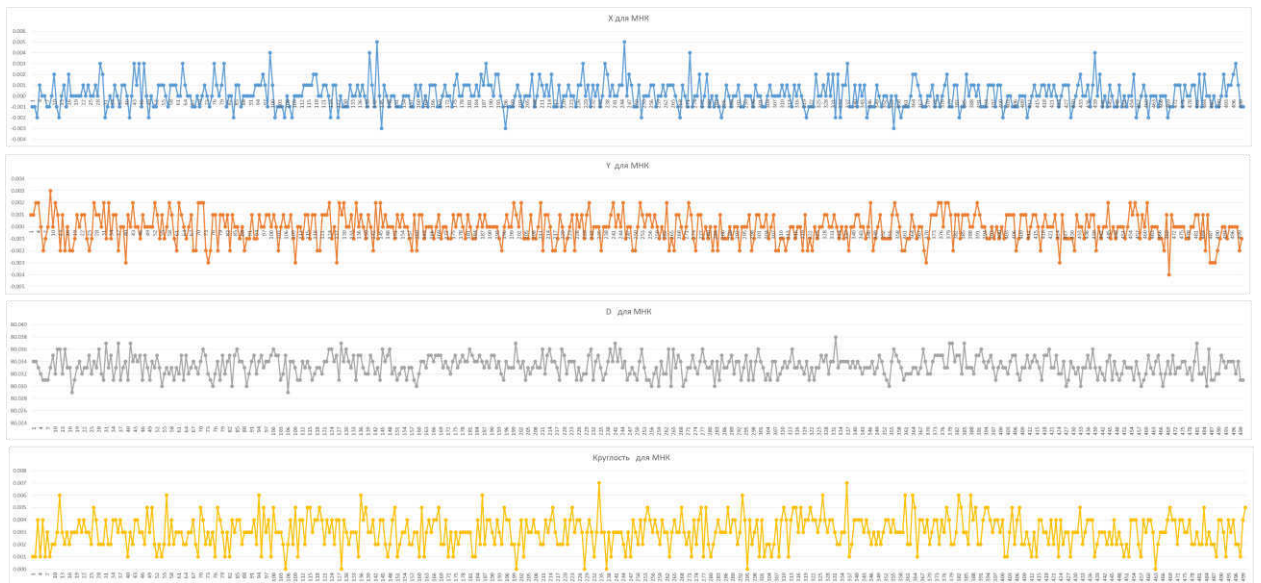


Рисунок 67 – Частота для 500 выборок

В следующем виде графиков проверялась равномерность распределения точек по окружности (рисунок 68). Естественно, имеет смысл строить графики только для первого способа генерации точек – случайном – т.к. остальные априори равномерны в большей степени. Этот анализ показывает недостаток случайного способа генерации выборок, а так же



позволяет быстро выявить причину расхождений в результатах: если случайные точки попадут только на погрешность формы окружности (огранка), то её диаметр будет существенно отличаться от номинального.

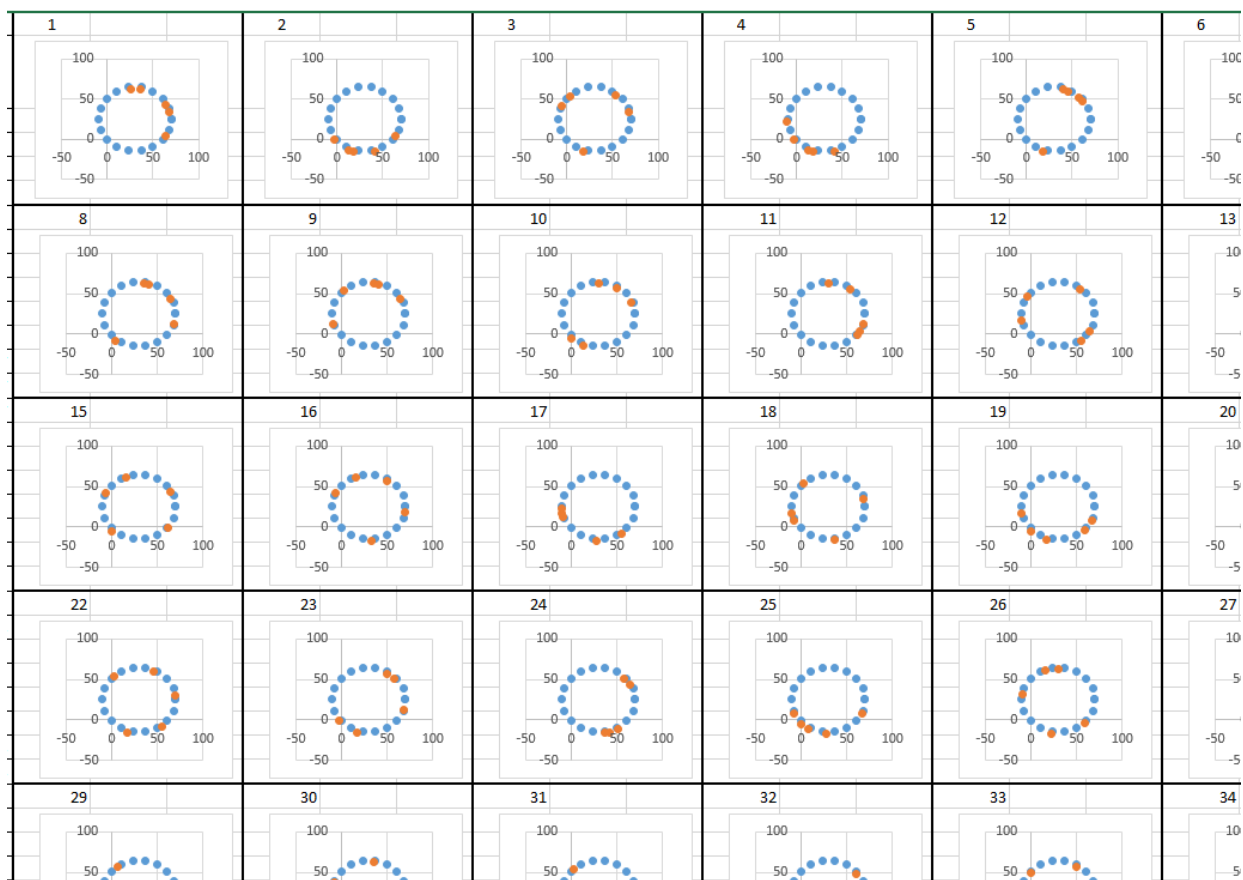
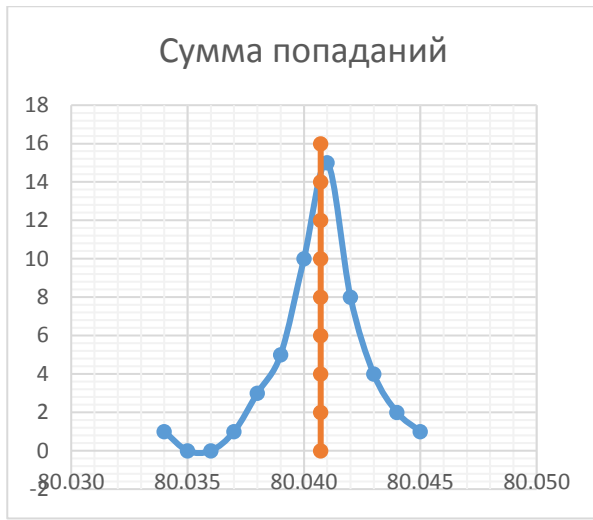


Рисунок 68 – Анализ случайного расположения точек

Последним видом графиков является рассчитанная вероятность для каждого из четырёх методов аппроксимации (рисунок 69). При этом становится видно неприменимость описанных расчётов к внутреннему отверстию (распределение не является нормальным). Аналогичная картина получается при использовании вписанных поверхностей для валов. Графики для сканирования (при любых скоростях) и поточечных измерений качественно совпадают, поэтому не имеет смысла приводить их все. Для построения этих графиков произведены стандартные статистические расчёты, которые так же представлены на листах одного excel файла (рисунок 70).



а) среднеквадратичный



б) минимально-максимальный



в) описанный



г) вписанный

Рисунок 69 – Распределения вероятностей для поточечных измерений

| интервал [x <sub>1</sub> ; x <sub>2</sub> ]                      |        |        |           |                         |                                       |                  |                               |                                       |                                 | интервал [x <sub>1</sub> ; x <sub>2</sub> ]                      |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                  |                                  |                                  |               |
|--|--------|--------|-----------|-------------------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|
| №  | от     | до     | попадания | частота, P <sub>i</sub> | относительная частота, f <sub>i</sub> | ∑ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> f <sub>i</sub> | (x <sub>i</sub> - X̄)² f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ² f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ³ f <sub>i</sub>                                  | h <sub>i</sub> ⁴ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ⁵ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ⁶ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ⁷ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ⁸ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ⁹ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ¹⁰ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ¹¹ f <sub>i</sub> | h <sub>i</sub> ¹² f <sub>i</sub> |               |
| 1  | 80,034 | 80,038 | 80,0350   | 2                       | 0,1                                   | 0,1              | 0,0001                        | 1,798400E-08                          | 1,584896E-16                    | 1,369856E-24   | 1,178516E-32                    | 1,014343E-40                    | 8,786892E-49                    | 7,581434E-57                    | 6,543696E-65                    | 5,623456E-73                    | 4,811456E-81                     | 4,098496E-89                     | 3,476496E-97                     | 2,936496E-105 |
| 2  | 80,038 | 80,042 | 80,0390   | 3                       | 0,2                                   | 0,2              | 0,0004                        | 1,198400E-07                          | 1,067424E-14                    | 9,401600E-22   | 8,262400E-29                    | 7,238400E-36                    | 6,318400E-43                    | 5,498400E-50                    | 4,774400E-57                    | 4,144400E-64                    | 3,596400E-71                     | 3,128400E-78                     | 2,730400E-85                     |               |
| 3  | 80,042 | 80,046 | 80,0430   | 10                      | 0,4                                   | 0,4              | 0,0016                        | 1,598400E-06                          | 1,438400E-12                    | 1,278400E-18   | 1,118400E-24                    | 9,584000E-30                    | 8,084000E-36                    | 6,784000E-42                    | 5,684000E-48                    | 4,784000E-54                    | 4,084000E-60                     | 3,484000E-66                     | 2,984000E-72                     |               |
| 4  | 80,046 | 80,050 | 80,0470   | 17                      | 0,5                                   | 0,5              | 0,0025                        | 2,198400E-05                          | 1,978400E-10                    | 1,758400E-15   | 1,538400E-20                    | 1,318400E-25                    | 1,108400E-30                    | 9,084000E-35                    | 7,284000E-40                    | 5,684000E-45                    | 4,284000E-50                     | 3,084000E-55                     | 2,184000E-60                     |               |
| 5  | 80,050 | 80,054 | 80,0510   | 9                       | 0,25                                  | 0,85             | 0,00225                       | 1,198400E-05                          | 1,078400E-11                    | 9,584000E-17   | 8,384000E-22                    | 7,184000E-27                    | 6,084000E-32                    | 5,084000E-37                    | 4,184000E-42                    | 3,384000E-47                    | 2,684000E-52                     | 2,084000E-57                     | 1,584000E-62                     |               |
| 6  | 80,052 | 80,056 | 80,0530   | 1                       | 0,05                                  | 1                | 0,00025                       | 1,198400E-08                          | 1,078400E-14                    | 9,584000E-20   | 8,384000E-26                    | 7,184000E-32                    | 6,084000E-38                    | 5,084000E-44                    | 4,184000E-50                    | 3,384000E-56                    | 2,684000E-62                     | 2,084000E-68                     | 1,584000E-74                     |               |
| Σ  |        |        | 80        |                         | 1                                     | 80,0400          | 0,00000000                    |                                       |                                 |  |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                  |                                  |                                  |               |
| $\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n}}$ |        |        |           |                         |                                       |                  |                               |                                       |                                 | $\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n}}$ |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                  |                                  |                                  |               |
| $\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n}}$ |        |        |           |                         |                                       |                  |                               |                                       |                                 | $\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n}}$ |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                  |                                  |                                  |               |

Рисунок 70 – Статистические расчёты в MS Excel

Подобная обработка результатов довольно трудоёмкий процесс, поэтому для увеличения производительности решено было продолжать её в специальном ПО STATISTICA Base, которое в ознакомительных целях предоставляется бесплатно на пробный период в 3 месяца. Эта программа вычисляет практически все используемые описательные статистики общего характера: медиану, моду, квартили, заданные пользователем процент или, среднее значение и стандартное отклонение, квартильный размах, доверительные интервалы для среднего, асимметрию и эксцесс (и их стандартные ошибки), гармоническое и геометрическое среднее, а также многие специальные описательные статистики.

Как и во всех других модулях системы STATISTICA, в разведочном анализе данных доступны разнообразные графики и диаграммы, в т.ч. различные виды диаграмм размаха и гистограмм, гистограммы двумерных распределений (трехмерные и категоризованные), двух- и трехмерные диаграммы рассеяния с помеченными подмножествами данных, нормальные и полунормальные вероятностные графики и графики с исключенным трендом, графики квантиль-квантиль, вероятность-вероятность и т.д.

Имеется набор критериев для подгонки нормального распределения к данным (критерии Колмогорова-Смирнова, Лилиефорса и Шапиро-Уилкса). Процедуры для подгонки многих других типов распределений можно найти в разделах Анализ процессов STATISTICA и Графики.

Результаты, полученные при помощи данной программы, сошлись с ручными расчётами в excel, поэтому в работе они не дублируются. Данное ПО существенно увеличило скорость работы, однако пробный период уже завершился. Лицензия же стоит довольно много, и её покупка не входит в рамки бюджета ВКР магистра, однако вполне может войти в работу аспиранта.

### 3.4 Выводы

Большой объём проделанной работы показывает необходимость дальнейших практических исследований для прочих типовых поверхностей деталей машиностроения, а т.ж. упрощает проектирование процесса КИ для оператора КИМ при измерении внутренних отверстий.

На основе полученных результатов постоянно совершенствуется современное ПО «ТЕХНОкоорд», обеспечивающее управление оборудованием в автоматическом цикле и размерно-точностной анализ результатов координатных измерений. Для повышения степени автоматизации процессов проектирования технологий координатных измерений, включения ПО «ТЕХНОкоорд» в единое информационное пространство машиностроительного производства разработана и начинает практически применяться концепция конструкторско-метрологической модели детали.

По результатам проделанной работы так же были опубликованы несколько статей (в соавторстве с научным руководителем). Все статьи можно найти в свободном доступе либо на сайте [elibrary.ru](http://elibrary.ru), либо на сайте ЗАО «ЧелябНИИконтроль».

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 88   |


#### 4 УПРАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТАМИ ВКР

Из проделанной работы следует, что необходимо продолжать исследования для создания полной библиотеки КМЭ типовых поверхностей деталей машиностроения. Так же были разработаны информационные таблицы для ПО ТЕХНОкоорд, внедрение которых в программу производится в настоящее время. Ещё были разработаны алгоритмы выбора типовых методик координатных измерений для ПО ТЕХНОкоорд. Данная методика является универсальной и применима к любой другой КИМ, результаты работы этой методики на КИМ DEA Global действительны только в лаборатории ЗАО «ЧелябНИИконтроль».

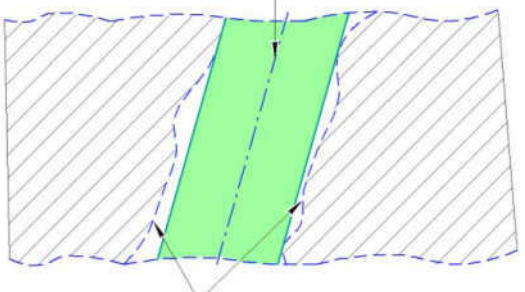
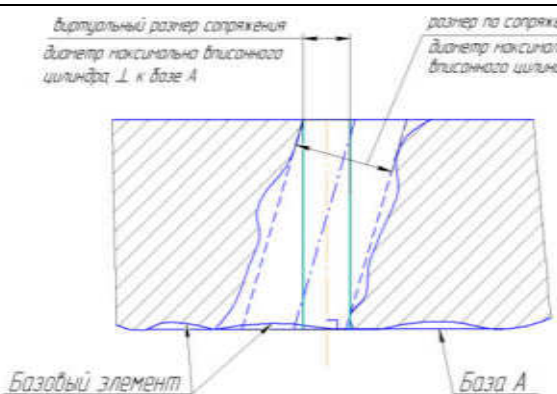
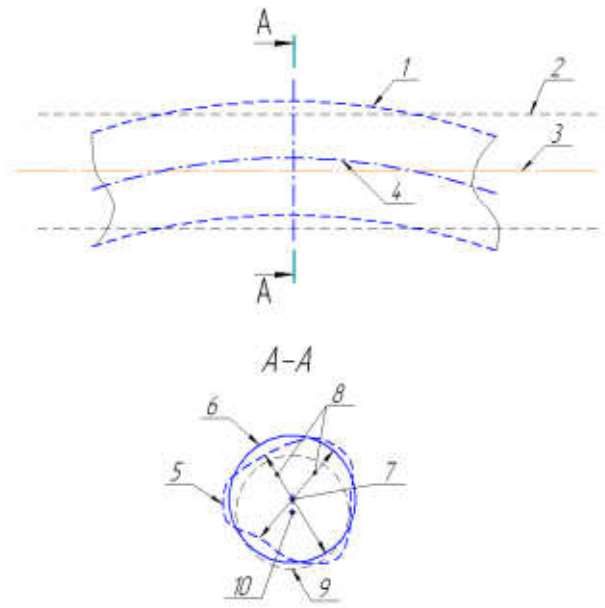
##### 4.1 Разработка информационных таблиц для ПО ТЕХНОкоорд

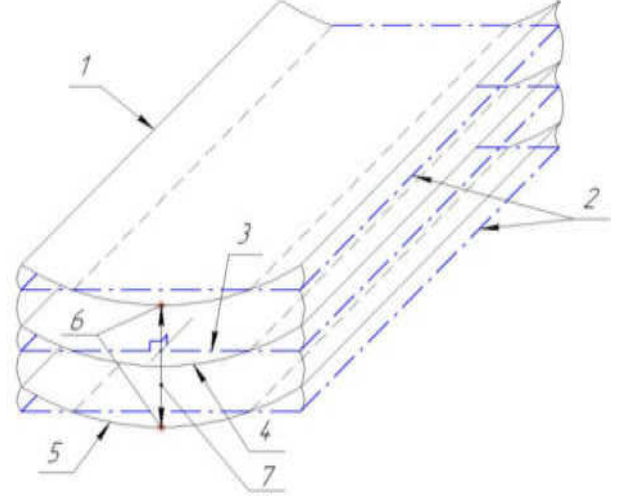
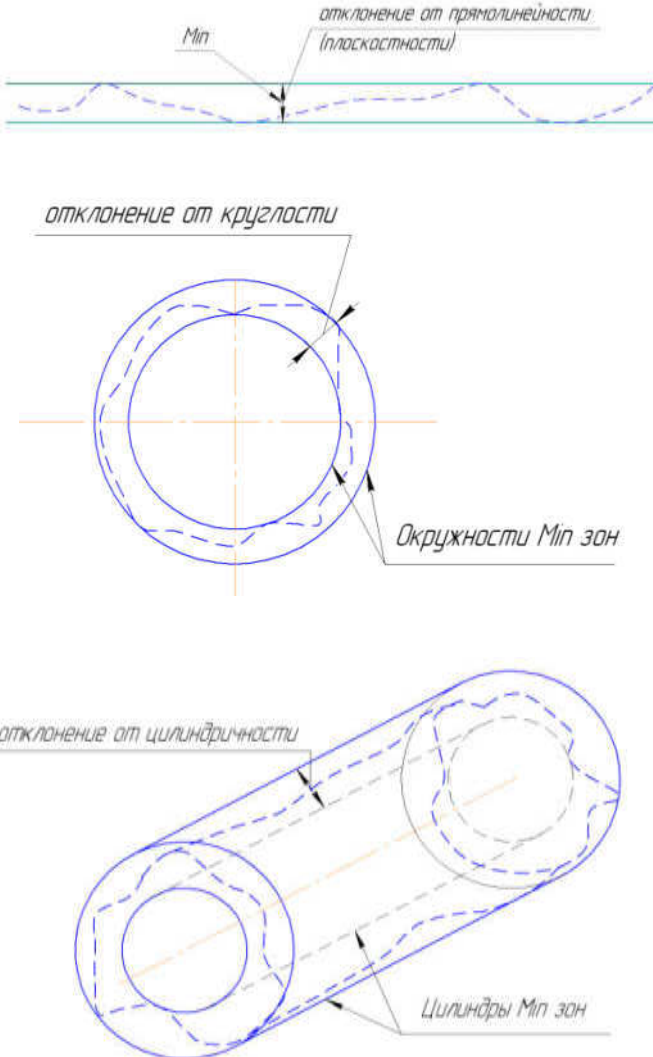
При многоточечном измерении заменяющий элемент (математическая модель) определяется так, чтобы он был лучшим образом согласован с измеренными точками по принятому методу аппроксимации. В стандартах ISO по умолчанию используется среднеквадратичный метод аппроксимации, который более прост в расчетах, но в большинстве случаев является несоответствующим, в особенности для подвижных соединений. В американском стандарте ASME Y14.5M-1994 «GD&T», как и в российском стандарте, в качестве основного метода аппроксимации используется метод прилегания. В результате анализа литературных источников было определено наилучшее применение методов аппроксимаций для выявленных элементов (таблица 1).

Таблица 1 – Наилучшее применение методов аппроксимации

| Метод аппроксимации | Наилучшее применение | Пример (графическое пояснение)   |
|---------------------|----------------------|--|
| Метод прилегания    | Определение баз      |  |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

| Метод аппроксимации                     | Наилучшее применение   | Пример (графическое пояснение)  |
|---|--|---|
|   |  | <p><i>База</i> – ось максимально вписанного цилиндра (или минимально описанного цилиндра для внешнего элемента) – ось прилегающего элемента</p>  <p>Выявленное отверстие</p>  |
|   | <p>Определение размеров по сопряжению (для обеспечения сборки)</p> |  <p>виртуальный размер сопряжения диаметр максимально вписанного цилиндра <math>\perp</math> к базе А</p> <p>размер по сопряжению диаметр максимально вписанного цилиндра</p> <p>Базовый элемент</p> <p>База А</p> |
| <p>Среднеквадратичная аппроксимация</p> | <p>Определение местных размеров</p>                                |   |

| Метод аппроксимации   | Наилучшее применение           | Пример (графическое пояснение)  |
|-----------------------|--------------------------------|---|
|                       |                                |   |
| Метод минимальных зон | Определение погрешностей формы |  |

Одна и та же поверхность имеет множество размерных параметров: действительные местные размеры, размер по сопряжению, размер максимума

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

и минимума материала, отклонения формы, расположения и др. Таким образом, контроль того или иного размерного параметра определяется исходя из функционально назначения изделия.

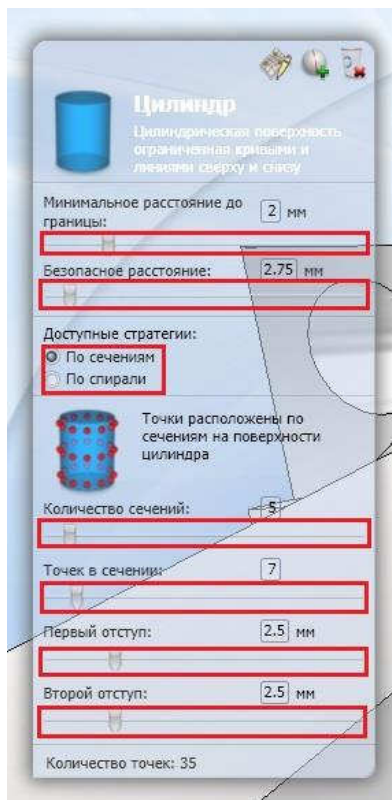
Рекомендованное число точек для отверстия приведено в таблице 2. При развитии темы данной ВКР эта таблица будет расширена для каждого типового элемента. ПО автоматически будет учитывать данные из этих таблиц.

Таблица 2 – Рекомендованное число точек для цилиндрического отверстия

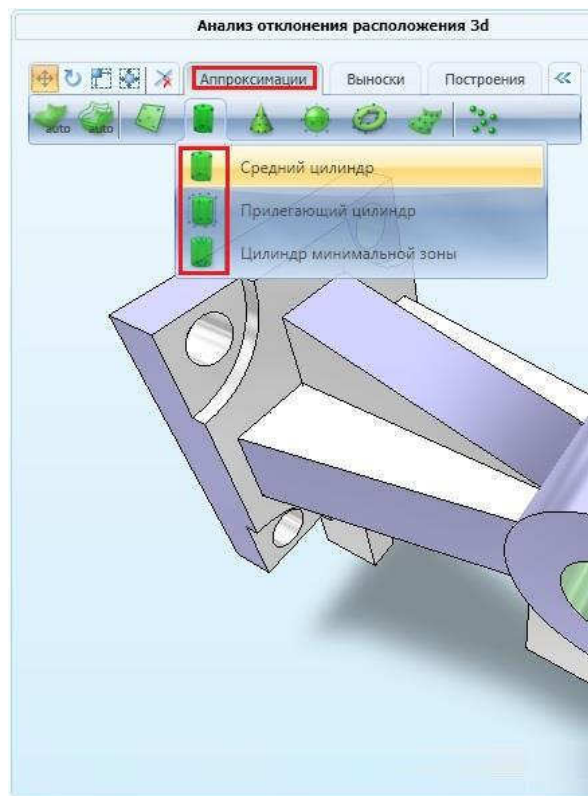
| Элемент            | Минимально необходимое число точек              | Число точек, достаточное для расчёта геометрических размеров и отклонений формы и расположения | Избыточное число точек |
|--------------------|---|--|------------------------|
| Цилиндр внутренний | 6<br>(по 3 на окружность, минимум 2 окружности) | 15 (поточечное)<br>25 (скаривание)   | 60 - 70                |

Данная ВКР позволила повысить степень автоматизации КИ в ПО ТЕХНОкоорд следующим образом: ранее оператор должен был самостоятельно выбирать стратегию измерения для отверстия и математику (рисунок 71), включающую в себя формулы аппроксимации. Теперь программа в состоянии сделать это самостоятельно, считывая кодированные данные из формата step203.ed2 (рисунок 72).



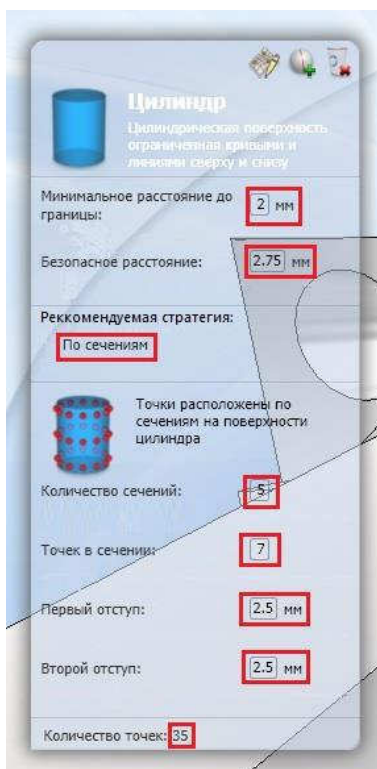


а) выбор стратегии

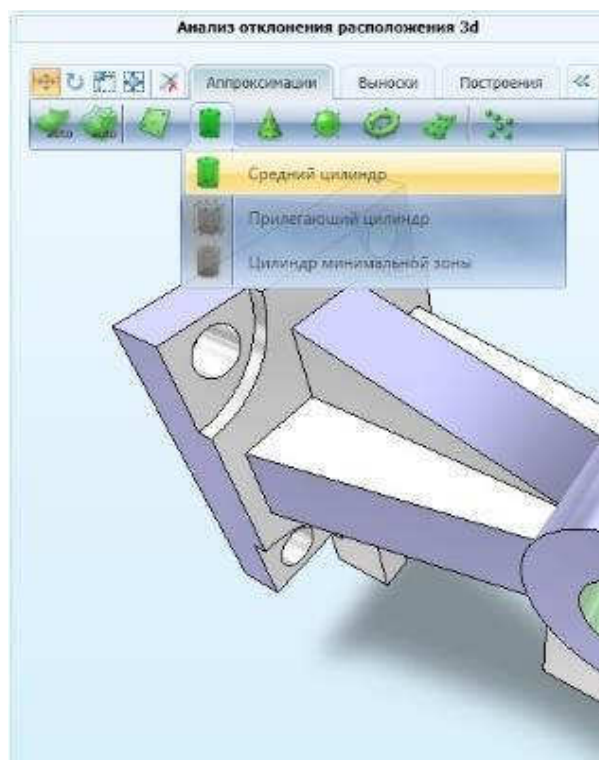


б) выбор математики

Рисунок 71 – Выбор, зависящий от оператора



а) автоматически выбранная стратегия



б) автоматически выбранная математика

Рисунок 72 – Автоматический выбор по служебному назначению

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

Появление данной функции в ПО существенно ускоряет написание программы для контроля детали на КИМ. В будущем планируется дополнить новую версию ПО подобным функционалом для всех типовых поверхностей деталей машиностроения, в итоге программирование КИМ сведётся лишь к выбору поверхностей для контроля. Влияние человеческого фактора на результаты контроля будет существенно снижено.

#### 4.2 Выводы

В данной главе были разработаны информационные таблицы для ПО ТЕХНОкоорд, внедрение которых в программу производится в настоящее время, а так же алгоритмы выбора типовых методик координатных измерений для ПО ТЕХНОкоорд. Программируется библиотека кодов с типовыми стратегиями и математикой для цилиндрических поверхностей, что выходит за рамки ВКР магистра, т.к. здесь нужны углублённые знания программирования, а так же исходные коды какого-то САД-редактора. Для этого на предприятии ЗАО «ЧелябНИИконтроль» ведутся переговоры по совместной работе с ПО АДЕМ, и работают специально обученные программисты.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 94   |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы были решены поставленные задачи:

- был проведён анализ отечественной и зарубежной литературы в области координатных измерений;
- была разработана классификация КМЭ цилиндрических отверстий для КММ типовых деталей машиностроения (на основе существующей классификации В.И. Глухова);
- была разработана библиотека типовых методик координатных измерений (МКИ) для цилиндрических отверстий деталей машиностроения;
- так же были проведены экспериментальные исследования точности типовых МКИ цилиндрических отверстий деталей машиностроения на КИМ;
- было разработано информационное и алгоритмическое обеспечения модуля автоматизации проектирования МКИ для ПО ТЕХНОкоорд, которое в данный момент программируется на языке С# специалистами ЗАО «ЧелябНИИконтроль».

Выполнением всех задач была достигнута цель ВКР, а именно увеличена степень автоматизации процессов проектирования технологий измерения цилиндрических отверстий деталей машиностроения на предприятии ЗАО «ЧелябНИИконтроль».

Так же были определены направления для дальнейшей работы, например, создание остальных КМЭ типовых поверхностей деталей машиностроения (таких, как плоскость, эвольвента, сфера и т.д.). МКИ, созданная по результатам работы, успешно внедрена в производство ЗАО «ЧелябНИИконтроль».

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 95   |

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного назначения: Классы 40 и 50 / под ред. Е.А. Панфилова, Ю.И. Блохина, А.Л. Шестакова, Л.М. Кулика, Б.А. Погодина, Г.М. Шнайдмана. – М.; Издательство стандартов, 1977. – 238 с.

2 Методика технических измерений в машиностроении: учебное пособие / В.И. Глухов. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001. 248 с. ISBN 5-8149-0079-2.

3 Базров, Б.М. Модульная технология в машиностроении: учебное пособие / Б.М. Базров. – Учебник для ВУЗов. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.

4 Элементов, М.В. Установление точности показателей пространственных технологических размерных связей при проектировании технологических процессов механической обработки: дис. ... к.т.н / М.В. Элементов. – М.: Изд-во «Станкин», 2001. – 192 с.

5 Аверченков А.В. Автоматизация выбора стратегий обработки конструкторско-технологических элементов деталей в технологической подготовке производства изделий / А.В. Аверченков. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2012. – Т. 16, № 3 (48). С. 76–80.

6 Горяинов Д.С., Зиннатуллин И.А. Метод автоматизированного распознавания конструкторско-технологических элементов детали / И.А. Зиннатуллин, Д.С. Горяинов. – Самара: Изд-во СГТУ, 2016. – 3 с.

7 ГОСТ 7.32–2001. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 16 с.

8 Сурков И.В. Методы и средства измерения: учебное пособие/ И.В. Сурков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 287 с.

9 ГОСТ Р ИСО 10303-21-2002. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 21. Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 57 с.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 96   |

10 ASME Y14.5-2009. Dimensioning and tolerancing. – Reversion ASME Y14.5.1M-1994 (R2004). – IHS, 2009. – 215 p.

11 ASME Y14.5.1M-1994 (R2004). Mathematical definition of dimensioning and tolerancing principles. – IHS, 1995. – 82 p.

12 ISO 1101:2012 Geometrical product specifications (GPS). Geometrical tolerancing. Tolerances of form, orientation, location and run-out. – Geneva: ISO, 2012. – 110 p.

13 ISO 5459:2011 Geometrical product specifications (GPS). Geometrical tolerancing. Datums and datum systems. – Geneva: ISO, 2011. – 88 p.

14 ISO 10303-1:1994. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1: Overview and fundamental principles. – Geneva: ISO, 2010. – 427 p.

15 ISO 10303-203:2011. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 203: Application protocol: Configuration controlled 3D design of mechanical parts and assemblies [заменён на 10303-242:2014] – Geneva: ISO, 2011. – 526 p.

16 ISO 10303-242:2014. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 242: Application protocol: Managed model-based 3D engineering. – Geneva: ISO, 2014. – 4 p.

17 ISO 10303-214:2010. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 214: Application protocol: Core data for automotive mechanical design processes [заменён на 10303–242:2014] – Geneva: ISO, 2010. – 427 p.

18 Руководство пользователя по работе с ПО ТЕХНОкоорд. – Челябинск: закрытое акционерное общество «ЧелябНИИконтроль». – URL: <http://www.toolmaker.ru/download.htm?path=docs/Manual.pdf>.

19 Шильников П. С. Представление данных КИП. – М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 147 с.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 97   |

20 ГОСТ 25069-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 15 с.

21 ГОСТ 30893.1-2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 10 с.

22 ГОСТ 30893.2-2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 23 с.

23 Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения/ И.С. Солонин. – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 98   |

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Акт проверки ВКР на анти плагиат



Sine labore non erit  
paris; in ore

Главная  
Информационные материалы  
Наши клиенты  
Форум  
Контакты

### Отчет о проверке

#### Уважаемый пользователь!

Обращаем ваше внимание, что система Антиплагиат отвечает на вопрос, является ли тот или иной фрагмент текста заимствованным или нет. Ответ на вопрос, является ли заимствованный фрагмент именно плагиатом, а не законной цитатой, система оставляет на ваше усмотрение. Также важно отметить, что система находит источник заимствования, но не определяет, является ли он первоисточником.

Информация о документе:

**Имя документа:** диплом черновик 31.05.2017 для проверки на антиплагиат.docx

**Дата проверки:** 31.05.2017 12:12

**Модули поиска:** Интернет (Антиплагиат), Диссертации и авторефераты РГБ, Южно-Уральский государственный университет, Кольцо вузов, Цитирования

#### Текстовые статистики:

**Индекс читаемости:** обычный

**Неизвестные слова:** в пределах нормы

**Макс. длина слова:** в пределах нормы

**Большие слова:** в пределах нормы

Тип отчета:

|      |                            |   |  |       |       |
|------|----------------------------|---|--|-------|-------|
| [1]  | Материалы IX междуна...    | <a href="http://www.stankin.ru/science/new...">http://www.stankin.ru/science/new...</a>             | Интернет (Антиплагиат)                     | 2,19% | 2,19% |
| [2]  | Глухов, Владимир Ива...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl0100000000...">http://dlib.rsl.ru/rsl0100000000...</a>               | Диссертации и авторефераты РГБ             | 1,12% | 1,19% |
| [3]  | Кузнецов, Дмитрий Ива...   | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl...">http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl...</a>     | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,69% | 1,12% |
| [4]  | Абухарб Мохаммад Юсе...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01006000000/rsl...">http://dlib.rsl.ru/rsl01006000000/rsl...</a>     | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,98% | 1,05% |
| [5]  | Макарова, Елена Иван...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01000000000/rsl01...">http://dlib.rsl.ru/rsl01000000000/rsl01...</a> | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,67% | 1%    |
| [6]  | ОК 012-93 Классифика...    | <a href="http://docs.cntd.ru/document/12000...">http://docs.cntd.ru/document/12000...</a>           | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,47% | 0,95% |
| [7]  | Федоров, Святослав В...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01006000000/rs...">http://dlib.rsl.ru/rsl01006000000/rs...</a>       | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,94% | 0,94% |
| [8]  | Источник 8                 | <a href="http://www.statsoft.ru/home/produc...">http://www.statsoft.ru/home/produc...</a>           | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,93% | 0,93% |
| [9]  | Источник 9                 | <a href="http://www.statsoft.ru/statportal...">http://www.statsoft.ru/statportal...</a>             | Интернет (Антиплагиат)                     | 0%    | 0,93% |
| [10] | INTUIT.ru: Курс: Раз...    | <a href="http://www.intuit.ru/depart...">http://www.intuit.ru/depart...</a>                         | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,09% | 0,92% |
| [11] | Курсовая: "Применени...    | <a href="http://westud.ru/work/20246...">http://westud.ru/work/20246...</a>                         | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,01% | 0,67% |
| [12] | Усолицев, Михаил Евг...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000...">http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000...</a>             | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0%    | 0,8%  |
| [13] | Галанина, Наталия Ан...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000...">http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000...</a>             | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,06% | 0,73% |
| [14] | Шабельников, Вадим А...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000...">http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000...</a>             | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,06% | 0,72% |
| [15] | ma z. - database mod...    | <a href="http://inethub.olvi.net.ua/ftp...">http://inethub.olvi.net.ua/ftp...</a>                   | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,08% | 0,7%  |
| [16] | Хрусталеv, Виталий И...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl010060000...">http://dlib.rsl.ru/rsl010060000...</a>                 | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0%    | 0,59% |
| [17] | КООРДИНАТНЫЕ<br>ИЗМЕРЕН... | <a href="http://cyberleninka.ru/article...">http://cyberleninka.ru/article...</a>                   | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,59% | 0,59% |
| [18] | Цицорина, Александра...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01000000...">http://dlib.rsl.ru/rsl01000000...</a>                   | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,02% | 0,57% |
| [19] | Плетняков, Вадим Але...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl0100500...">http://dlib.rsl.ru/rsl0100500...</a>                     | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0%    | 0,56% |
| [20] | 3 D Модели                 | <a href="http://lib3.podelise.ru/docs...">http://lib3.podelise.ru/docs...</a>                       | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,06% | 0,54% |
| [21] | Лакеевко, Максим Ник...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl010050...">http://dlib.rsl.ru/rsl010050...</a>                       | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,11% | 0,49% |
| [22] | Повышение точности и...    | <a href="http://tehnosfera.com/po...">http://tehnosfera.com/po...</a>                               | Интернет (Антиплагиат)                     | 0%    | 0,45% |
| [23] | Нарожняя, Анастасия ...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01001...">http://dlib.rsl.ru/rsl01001...</a>                         | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0%    | 0,39% |
| [24] | Источник 24                | <a href="http://window.edu.ru/reso...">http://window.edu.ru/reso...</a>                             | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,35% | 0,39% |
| [25] | ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ<br>ОБЕС... | <a href="http://cyberleninka.ru/article/n...">http://cyberleninka.ru/article/n...</a>               | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,33% | 0,33% |
| [26] | Диплом Владимирова С...    |   | Южно-Уральский государственный университет | 0,05% | 0,33% |
| [27] | Гуртяков, Александр ...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01006000000...">http://dlib.rsl.ru/rsl01006000000...</a>             | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,03% | 0,32% |
| [28] | Склубовский, Алексей...    | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl010040000...">http://dlib.rsl.ru/rsl010040000...</a>                 | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,03% | 0,27% |

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

99

|                              |   |  |       |       |
|------------------------------|---|--|-------|-------|
| [29] Лапшин, Вадим Владим... | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl010020000...">http://dlib.rsl.ru/rsl010020000...</a>         | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,02% | 0,25% |
| [30] Программа 1-ой научн... | <a href="http://pandia.ru/text/80/024/40392.php">http://pandia.ru/text/80/024/40392.php</a> | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,12% | 0,23% |
| [31] Задания                 | <a href="http://satka.susu.ru/sites...">http://satka.susu.ru/sites...</a>                   | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,14% | 0,22% |
| [32] Диплом Бычков           |   | Южно-Уральский государственный университет | 0%    | 0,22% |
| [33] Диплом Калашникова А... |   | Южно-Уральский государственный университет | 0%    | 0,21% |
| [34] Полухина.doc            |   | Южно-Уральский государственный университет | 0%    | 0,21% |
| [35] Зайкова.doc             |   | Южно-Уральский государственный университет | 0%    | 0,21% |
| [36] Цыцаркина Е., Мн-52...  |   | Южно-Уральский государственный университет | 0%    | 0,21% |
| [37] Требования к содержа... | <a href="http://edu.znate.ru/docs...">http://edu.znate.ru/docs...</a>                       | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,12% | 0,21% |
| [38] Правиков Ю.М. Метрол... | <a href="http://venec.ulstu.ru...">http://venec.ulstu.ru...</a>                             | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,15% | 0,19% |
| [39] Лысенко, Валерий Гри... | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01...">http://dlib.rsl.ru/rsl01...</a>                       | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0%    | 0,18% |
| [40] 10. Технологічність ... | <a href="http://www.studfiles...">http://www.studfiles...</a>                               | Интернет (Антиплагиат)                     | 0,16% | 0,16% |
| [41] Леонтьев, Лев Борисо... | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01...">http://dlib.rsl.ru/rsl01...</a>                       | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0%    | 0,16% |
| [42] Асташенков, Александ... | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01...">http://dlib.rsl.ru/rsl01...</a>                       | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0,07% | 0,13% |
| [43] TPU_VKR_55137.pdf       | <a href="http://portal.tpu.ru...">http://portal.tpu.ru...</a>                               | Кольцо вузов                               | 0,01% | 0,13% |
| [44] ОстроуховДиссертация... |   | Южно-Уральский государственный университет | 0%    | 0,12% |
| [45] Ломова, Ольга Станис... | <a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01...">http://dlib.rsl.ru/rsl01...</a>                       | Диссертации и авторефераты РГБ             | 0%    | 0,11% |
| [46] ВКР ИРБИС 2012/2013/... |   | Кольцо вузов                               | 0%    | 0,1%  |
| [47] Источник 47             |   | Цитирования                                | 0,09% | 0,09% |
| [48] 2015_Муртазин AA_080... |   | Кольцо вузов                               | 0%    | 0,09% |
| [49] Носевич С.В..doc        |   | Южно-Уральский государственный университет | 0%    | 0,08% |

Оригинальные блоки: 89,24%  
 Заимствованные блоки: 10,67%  
 Заимствование из "белых" источников: 0,09%  
 Итоговая оценка оригинальности: **89,33%**

Система анализа текстов на наличие заимствований  
 Copyright © 2005—2017 ЗАО «Анти-Плагиат». Как с нами связаться

Разработка ЗАО «Форексис»  
 Прогнозирование и анализ данных

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

100



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Структура кодировки геометрии детали в step формате

```

ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('STEP AP203',
  '1');
FILE_NAME('Тил-сп-1181.00.000-07',
  ",
  ('UNSPECIFIED'),
  ('UNSPECIFIED'),
  'ASCON STEP Converter 1.3',
  'ASCON Math Kernel',
  ");
FILE_SCHEMA(('CONFIG_CONTROL_DESIGN'));
ENDSEC;

DATA;
#1=SHAPE_REPRESENTATION('NONE',(#2),#6);
#2=AXIS2_PLACEMENT_3D("#3,#4,#5);
#3=CARTESIAN_POINT("(0.,0.,0.));
#4=DIRECTION("(0.,0.,1.));
#5=DIRECTION("(1.,0.,0.));
#6=(GEOMETRIC_REPRESENTATION_CONTEXT(3)GLOBAL_UNCERTAINTY_ASSIGNED_CONTEXT((#8))
GLOBAL_UNIT_ASSIGNED_CONTEXT((#7,#9,#10))REPRESENTATION_CONTEXT('NONE','NONE'));
#7=(LENGTH_UNIT()NAMED_UNIT(*)SI_UNIT(.MILLI.,METRE.));
#8=UNCERTAINTY_MEASURE_WITH_UNIT(LENGTH_MEASURE(1.E-005),#7,'NONE','NONE');
#9=(NAMED_UNIT(*)PLANE_ANGLE_UNIT()SI_UNIT($.RADIAN.));
#10=(NAMED_UNIT(*)SI_UNIT($.,STERADIAN.)SOLID_ANGLE_UNIT());
#11=SHAPE_DEFINITION_REPRESENTATION(#12,#1);
#12=PRODUCT_DEFINITION_SHAPE('NONE','NONE',#13);
#13=PRODUCT_DEFINITION(",'UNSPECIFIED',#14,#17);
#14=PRODUCT_DEFINITION_FORMATION_WITH_SPECIFIED_SOURCE('ANY','UNSPECIFIED',#15,.,NOT_KNOWN.);
#15=PRODUCT(",'Деталь',#20);
#16=PRODUCT_RELATED_PRODUCT_CATEGORY('detail',",(#15));
#17=DESIGN_CONTEXT('detailed design',#18,'design');
#18=APPLICATION_CONTEXT('configuration controlled 3d designs of mechanical parts and assemblies');
#19=APPLICATION_PROTOCOL_DEFINITION('international standard','config_control_design',
1994,#18);
...
...
#200=DIRECTION("(1.,0.,0.));
#201=CARTESIAN_POINT("(59.,60.,7.22541611496938E-015));
#202=AXIS2_PLACEMENT_3D("#203,#204,#205);
#203=CARTESIAN_POINT("(0.,60.,0.));
#204=DIRECTION("(-0.,1.,0.));
#205=DIRECTION("(1.,0.,0.));
#206=CARTESIAN_POINT("(40.,60.,0.));
#207=AXIS2_PLACEMENT_3D("#208,#209,#210);
#208=CARTESIAN_POINT("(0.,60.,0.));
#209=DIRECTION("(-0.,1.,0.));
#210=DIRECTION("(1.,0.,0.));
#211=CARTESIAN_POINT("(60.,59.,7.34788079488412E-015));
#212=AXIS2_PLACEMENT_3D("#213,#214,#215);
#213=CARTESIAN_POINT("(0.,59.,0.));
#214=DIRECTION("(-0.,1.,0.));
#215=DIRECTION("(1.,0.,0.));
#216=CARTESIAN_POINT("(60.,1.,1.40092189426351E-014));
#217=AXIS2_PLACEMENT_3D("#218,#219,#220);
#218=CARTESIAN_POINT("(0.,1.,0.));
#219=DIRECTION("(-0.,1.,0.));
#220=DIRECTION("(1.,0.,0.));
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;

```

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 101  |

## Программа для генерации выборок по 5, 10 и 30 точек

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Data;
using System.Windows.Documents;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Media;
using System.Windows.Media.Imaging;
using System.Windows.Navigation;
using System.Windows.Shapes;
namespace WpfApplication3
{
    using System.Reflection;
    using System.Runtime.InteropServices;
    /// <summary>
    /// Interaction logic for MainWindow.xaml
    /// </summary>
    public partial class MainWindow : Window
    {
        public MainWindow()
        {
            InitializeComponent();
            private int startIndex = 2;
            private int endIndex = 51;
            private int maxCount = 50;
            Random rnd = new Random();
            private void OnGenerateClick(object sender, RoutedEventArgs e)
            {
                StringBuilder s = new StringBuilder();
                int count = Convert.ToInt32(countBox.Text);
                maxCount = Convert.ToInt32(groupsCountBox.Text);
                startIndex = Convert.ToInt32(startIndexBox.Text);
                endIndex = Convert.ToInt32(endIndexBox.Text);
                List<int[]> items;
                if (radio1.IsChecked == true) items = GetNumbers1(count);
                else if (radio2.IsChecked == true) items = GetNumbers2(count);
                else /*if (radio3.IsChecked == true)*/ items = GetNumbers3(count);
                int k = 0;
                foreach (int[] ints in items)
                {
                    for (int i = 0; i < count; i++)
                    {
                        s.Append(ints[i] + " ");
                        s.Append("\r\n");
                        k++;
                        if (k == maxCount) break;
                    }
                    textBox.Text = s.ToString();//.Replace("\r", "");
                }
            }
            private List<int[]> GetNumbers3(int count)
            {
                List<int[]> items = new List<int[]>();
                while (items.Count < maxCount)
                {
                    int[] points = new int[count];
                    for (int i = 0; i < count; i++)
                    {
                        bool ok = false;
                        while (!ok)
                        {
                            points[i] = rnd.Next(endIndex - startIndex) + startIndex;
                            ok = true;
                            for (int j = 0; j < i; j++)
                            {
                                if (points[i] == points[j])
                                {
                                    ok = false;
                                    break;
                                }
                            }
                        }
                    }
                    items.Add(points);
                }
            }
        }
    }
}
```

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

150405.2017.233.00.ПЗ

Лист

102

```

    }
}
var p = points.OrderBy(x => x).ToArray();
bool duplicate = false;
for (int i = 0; i < items.Count; i++)
{int duplCount = 0;
  for (int j = 0; j < count; j++)
  {if (p[j] == items[i][j]) duplCount++;}
  if (duplCount == count)
  {duplicate = true;
    break;}
}
if (!duplicate) items.Add(p);}
return items;}
private long[] GetNumbersMany(int count, long maxSize)
{long[] points = new long[count];
  for (int i = 0; i < count; i++)
  {bool ok = false;
    while (!ok)
    {points[i] = (long)(rnd.NextDouble() * maxSize);
      ok = true;
      for (int j = 0; j < i; j++)
      {if (points[i] == points[j])
        {ok = false;
          break;}
      }
    }
  }
  return points;}
private List<int[]> GetNumbers1(int count)
{int length = endIndex - startIndex;
  double delta = (float)length / count;
  List<int[]> items = new List<int[]>();
  long totalCountCalc = 0;// = delta;
  /*for (int i = 0; i < count-1; i++)
  {totalCountCalc *= delta;
  }*/
  Do1(items, new int[count], 0, count, delta, 0, length, ref totalCountCalc
, null);
  while (items.Count < maxCount)
  {var list = GetNumbersMany(/*50*/maxCount, (long)totalCountCalc);
    long totalCount = 0;
    Do1(items, new int[count], 0, count, delta, 0, length, ref totalCount
, list);}
  return items;}
void Do1(List<int[]> res, int[] current, int group, int count, double delta,
double offset, int length, ref long totalCount, long[] list)
{if (res.Count >= maxCount) return;
  if (group == count - 1)
  delta = length - offset;
  for (int i = 0; i < delta; i++)
  {if (group > 0 && current[group - 1] == i + (int)offset + startIndex) con
tinue;
    current[group] = i + (int)offset + startIndex;
    if (group == count - 1)
    {if (list != null && list.Contains(totalCount))
      {int[] curr = (int[])current.Clone();
        res.Add(curr);}
      totalCount++;}
    else Do1(res, current, group + 1, count, delta, offset + delta, lengt
h, ref totalCount, list);}
}

```

```

}
private List<int[]> GetNumbers2(int count)
{int length = endIndex - startIndex;
  float delta = (int)Math.Truncate((float)(length - 1) / count);
  List<int[]> items = new List<int[]>();
  while (items.Count < maxCount)
  {int[] p = new int[count];
    for (int i = 0; i < count; i++)
    {float d = delta;
      if (i == count - 1) d = length - delta * i;
      p[i] = rnd.Next((int)Math.Truncate(d)) + startIndex + (int)(i * delta)}
    bool duplicate = false;
    for (int i = 0; i < items.Count; i++)
    {int duplCount = 0;
      for (int j = 0; j < count; j++)
      {if (p[j] == items[i][j]) duplCount++;}
      if (duplCount == count)
      {duplicate = true;
        break;}}
    if (!duplicate) items.Add(p);}
  return items;}
public static double NextGaussian(Random r, double mu = 0, double sigma = 1)
{var u1 = r.NextDouble();
  var u2 = r.NextDouble();
  var rand_std_normal = Math.Sqrt(-2.0 * Math.Log(u1)) *
    Math.Sin(2.0 * Math.PI * u2);
  var rand_normal = mu + sigma * rand_std_normal;
  return rand_normal;}
private static int GetGaussian(Random r, int size, double mu = 0, double sigma = 1)
{var g = NextGaussian(r, mu, sigma);
  var z = (g - mu) / sigma;
  if (z > 3 || z < -3) return GetGaussian(r, size, mu, sigma);
  var b = (int)((z + 3) * size / 6d);
  return b;}
string text = @"
}

```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Программа для измерения кольца в ПО PS&MC

ИМЯ ДЕТАЛИ : ТИЛ-сп-1181.00.00-07(исх)  
 НОМЕР РЕДАКЦИИ :  
 ПОРЯДК. НОМЕР :  
 СТАТИСТ. СЧЕТЧИК : 1  
 ЗАПУСК =СК/СТАРТ,ВЫЗОВ:USE\_PART\_SETUP,СПИСОК=ДА  
     СК/КОНЕЦ  
     РЕЖИМ/РУЧН  
 СКОР.ПОЗИЦ. / 50  
     FLY/ВКЛ,3  
     ФОРМАТ/ТЕКСТ,ОПЦИИ, ЗАГОЛОВКИ,СИМВОЛЫ,НОМ,ДОП,ИЗМ,ОТКЛ,ВНЕ\_ДОП.,  
 ЗАГР.   ЩУП/LSP-X1H 8VY75  
     ЩУП/T1A0B0, СТЕРЖЕНЫJK=0, 0, 1, ANGLE=0  
 СКОР.   КАСАНИЯ/ 4  
 ПЛОСК1=ЭЛ- Т/ПЛОСКОСТЬ,ДЕКАРТОВ,ТРЕУГ.  
 НОМИН.   /<3.637,0.305,60>,<0,0,1>  
 ФАКТ.    /<40.655,51.345,-677.09>,<0.0001216,-0.0000067,1>  
 ИЗМЕР.    /PLANE,3  
     ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<-1.121,-50.264,60>,<0,0,1>,<38.091,-3.282,-677.09>,ИСП.ТЕОР.=ДА  
     ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<-38.199,32.037,60>,<0,0,1>,<6.477,79.979,-677.086>,ИСП.ТЕОР.=ДА  
     ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<-50.231,19.143,60>,<0,0,1>,<77.396,77.336,-677.094>,ИСП.ТЕОР.=ДА  
 КОНЕЦ ИЗМ. /  
 ОКР1=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД.МНК  
 НОМИН.    /<0,0,41.046>,<0,0,1>,80  
 ФАКТ.    /<41.567,47.779,-685.506>,<0,0,1>,80.046  
 ИЗМЕР.    /CIRCLE,3,ЗПЛУС  
     ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<4.28,-39.77,40.908>,<-0.1069944,0.9942596,0>,<48.199,8.309,-  
 685.507>,ИСП.ТЕОР.=ДА  
     ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<-23.272,32.534,45.4>,<0.5817912,-0.8133382,0>,<13.468,76.28,-  
 685.507>,ИСП.ТЕОР.=ДА  
     ТЧК/БАЗОВЫЙ,НОРМАЛ.,<27.799,28.762,36.831>,<-0.6949631,-0.7190454,0>,<64.189,80.796,-  
 685.506>,ИСП.ТЕОР.=ДА  
 КОНЕЦ ИЗМ. /  
 ТЧК1=ЭЛ- Т/ТОЧКА,ДЕКАРТОВ,НЕТ  
 НОМИН.    /<0,0,60>,<0,0,1>  
 ФАКТ.    /<41.568,47.779,-677.09>,<0.0001216,-0.0000067,1>  
     CONSTR/POINT,PROJ,ОКР1,ПЛОСК1  
 А1        =СК/СТАРТ,ВЫЗОВ:ЗАПУСК,СПИСОК=ДА  
 СИСТ.    КООРДИНАТ/СЛОЙ,ЗПЛУС,ПЛОСК1  
 СИСТ.    КООРДИНАТ/СМЕЩ,ОСЬХ,ТЧК1  
 СИСТ.    КООРДИНАТ/СМЕЩ,ОСЬУ,ТЧК1  
 СИСТ.    КООРДИНАТ/СМЕЩ,ОСЬZ,ТЧК1  
     СК/КОНЕЦ  
     РЕЖИМ/КИМ  
 БЕЗ.ПЛ- ТЬ/ЗПЛУС,15,ЗПЛУС,0,ВКЛ  
 ПОЗИЦ.    /CLEARPLANE  
 ЦИЛ1=ЭЛ- Т/ КОНТАКТ /ЦИЛИНДР/ПО\_УМОЛЧ.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД.МНК  
 НОМИН.    /<0,0,0>,<0,0,1>,80,60  
 ФАКТ.    /<-0.001,0.004,0>,<-0.0002183,-0.0000399,1>,80.036,60  
     ЦЕЛЬ/<0,0,0>,<0,0,1>  
     НАЧ. УГОЛ=0,КОН. УГОЛ=360  
     ANGLE VEC=<1,0,0>  
     DIRECTION=ПРОТИВ ЧАСОВОЙ  
     ПОКАЗ. ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТА=НЕТ  
     SHOW\_CONTACT\_PARAMETERS=ДА  
     КОЛ-ВО ТЧК=18,КОЛ-ВО СЛОЕВ=3,ДЕРТН=5, ЗАВЕРШИТЬ СМЕЩЕНИЕ =10,ШАГ=0  
     SAMPLE METHOD=SAMPLE\_HITS  
     ВСПОМ. ТОЧКИ=0,ИНТЕРВ.=0  
     AVOIDANCE MOVE=НЕТ,DISTANCE=30

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 105  |

```

FIND HOLE=ОТКЛЮЧЕНО,ПРИ ОШИБКЕ=НЕТ,READ POS=НЕТ
ПОКАЗ. ТЧК=НЕТ
A2   =СК/СТАРТ,ВЫЗОВ:А1,СПИСОК=ДА
СИСТ.   КООРДИНАТ/СЛОЙ,ЗПЛУС,ЦИЛ1
        СК/КОНЕЦ
ПОЗИЦ.   /CLEARPLANE
        СКОР_СКАН/20
ПОЗИЦ.   /CLEARPLANE
ОКРЗ=ЭЛ- Т/ КОНТАКТ /ОКРУЖНОСТЬ/ПО_УМОЛЧ.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД.МНК
НОМИН.   /<0,0,0>,<0,0,1>,>80
ФАКТ.    /<-0.001,0.005,0>,<0,0,1>,>80.038
        ЦЕЛЬ/<0,0,0>,<0,0,1>
        НАЧ. УГОЛ=0,КОН. УГОЛ=360
        ANGLE VEC=<1,0,0>
        DIRECTION=ПРОТИВ ЧАСОВОЙ
ПОКАЗ. ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТА=НЕТ
SHOW_CONTACT_PARAMETERS=ДА
КОЛ-ВО ТЧК=100,ДЕРТН=10,ШАГ=0
SAMPLE METHOD=SAMPLE_HITS
ВСПОМ. ТОЧКИ=0,ИНТЕРВ.=0
AVOIDANCE MOVE=НЕТ,DISTANCE=0
FIND HOLE=ОТКЛЮЧЕНО,ПРИ ОШИБКЕ=НЕТ,READ POS=НЕТ
ПОКАЗ. ТЧК=НЕТ
ПОЗИЦ.   /CLEARPLANE
A3   =СК/СТАРТ,ВЫЗОВ:А2,СПИСОК=ДА
СИСТ.   КООРДИНАТ/СМЕЩ,ОСЬХ,ОКРЗ
СИСТ.   КООРДИНАТ/СМЕЩ,ОСЬУ,ОКРЗ
СИСТ.   КООРДИНАТ/СМЕЩ,ОСЬZ,ОКРЗ
        СК/КОНЕЦ
ПРИСВОЕН. /XZERO=ОКРЗ.TX
ПРИСВОЕН. /YZERO=ОКРЗ.TY
ПРИСВОЕН. /ZZERO=ОКРЗ.TZ
ПРИСВОЕН. /IZERO=ОКРЗ.TI
ПРИСВОЕН. /JZERO=ОКРЗ.TJ
ПРИСВОЕН. /KZERO=ОКРЗ.TK
ПРИСВОЕН. /DZERO=ОКРЗ.TD
C1   =КОММЕНТАРИЙ/INPUT,НЕТ,НА ВЕСЬ ЭКРАН=НЕТ,
        Сколько используется точек для построения окружности? (5,10 или 30)
ПРИСВОЕН. /NP=C1.INPUT
C2   =КОММЕНТАРИЙ/INPUT,НЕТ,НА ВЕСЬ ЭКРАН=НЕТ,
        Сколько проверять выборок (Число цикла)?
ПРИСВОЕН. /NC=C2.INPUT
C3   =КОММЕНТАРИЙ/INPUT,НЕТ,НА ВЕСЬ ЭКРАН=НЕТ,
        Начальный индекс выборки? (по умолчанию-1)
ПРИСВОЕН. /N0=C3.INPUT-1
DO/
ПРИСВОЕН. /N0=N0+1
ПРИСВОЕН. /PATH=GETPROGRAMINFO("PARTPATH")
FPTR  =ФАЙЛ/ОТКРЫТЬ,РАТН+"N_POINTS"+NP+"_"+N0+".ТХТ", ЧТЕНИЕ
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[1]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[13]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[2]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[14]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[3]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[15]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[4]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[16]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[5]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[17]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[6]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[18]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[7]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[19]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[8]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[20]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[9]}           V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[21]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[10]}          V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[22]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[11]}          V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[23]}
V1    =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[12]}

```

V1 =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ\_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[24]}

V1 =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ\_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[25]}

V1 =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ\_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[26]}

V1 =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ\_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[27]}

V1 =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ\_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[28]}

V1 =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ\_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[29]}

V1 =ФАЙЛ/ЧТЕНИЕ\_ПРЯМОЙ,FPTR,{P[30]}

ФАЙЛ/ЗАКРЫТЬ,FPTR,СОХР.

ПРИСВОЕН. /S=1

ПРИСВОЕН. /N=1

DO/

ПРИСВОЕН. /PS1=P[S]

ПРИСВОЕН. /X1=ОКР3.НІТ[PS1].X

ПРИСВОЕН. /Y1=ОКР3.НІТ[PS1].Y

ПРИСВОЕН. /Z1=ОКР3.НІТ[PS1].Z

ПРИСВОЕН. /TX1=ОКР3.НІТ[PS1].TX

ПРИСВОЕН. /TY1=ОКР3.НІТ[PS1].TY

ПРИСВОЕН. /TZ1=ОКР3.НІТ[PS1].TZ

ПРИСВОЕН. /I1=ОКР3.НІТ[PS1].I

ПРИСВОЕН. /J1=ОКР3.НІТ[PS1].J

ПРИСВОЕН. /K1=ОКР3.НІТ[PS1].K

ПРИСВОЕН. /TI1=ОКР3.НІТ[PS1].TI

ПРИСВОЕН. /TJ1=ОКР3.НІТ[PS1].TJ

ПРИСВОЕН. /TK1=ОКР3.НІТ[PS1].TK

ПРИСВОЕН. /FX[N]=X1

ПРИСВОЕН. /FY[N]=Y1

ПРИСВОЕН. /FZ[N]=Z1

ПРИСВОЕН. /FTX[N]=TX1

ПРИСВОЕН. /FTY[N]=TY1

ПРИСВОЕН. /FTZ[N]=TZ1

ПРИСВОЕН. /FI[N]=I1

ПРИСВОЕН. /FJ[N]=J1

ПРИСВОЕН. /FK[N]=K1

ПРИСВОЕН. /FTI[N]=TI1

ПРИСВОЕН. /FTJ[N]=TJ1

ПРИСВОЕН. /FTK[N]=TK1

ПРИСВОЕН. /S=S+1

ПРИСВОЕН. /N=N+1

ДО/N==C1.INPUT+1

ПРИСВОЕН. /K=1

T1

=ОБЩИЙ/РОІNT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$

НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$

ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$

НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$

ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T2

=ОБЩИЙ/РОІNT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$

НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$

МНК

РАЗМ. ПОЛОЖ\_ОКР\_5ТЧК\_МНК= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_5ТЧК\_МНК UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ

ОСЬ НОМИНАЛ +В.О. -Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

|   |       |       |       |        |       |       |           |
|---|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-----------|
| X | XZERO | 0.050 | 0.050 | 0.000  | 0.000 | 0.000 | ----#---- |
| Y | YZERO | 0.050 | 0.050 | 0.002  | 0.002 | 0.000 | ----#---- |
| D | DZERO | 0.050 | 0.050 | 80.035 | 0.035 | 0.000 | -----#-   |

КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_ОКР\_5ТЧК\_МНК

РАЗМ. КРУГЛ\_5ТЧК\_МНК= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_5ТЧК\_МНК UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА

ОСЬ НОМИНАЛ +В.О. -Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

|   |       |       |       |       |       |       |        |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| M | 0.000 | 0.050 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | #----- |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$

НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$

ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T3

=ОБЩИЙ/РОІNT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$

НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$

ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$

НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$

ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T4

=ОБЩИЙ/РОІNT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$

НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$

ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$

НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$

ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T5

=ОБЩИЙ/РОІNT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$

НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$

ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$

НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$

ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ЕСЛИ\_ПЕРЕХОД/C1.INPUT==5,ПЕРЕХОД = L5

ЕСЛИ\_ПЕРЕХОД/C1.INPUT==10,ПЕРЕХОД = L10

ЕСЛИ\_ПЕРЕХОД/C1.INPUT==30,ПЕРЕХОД = L10

L5 =МЕТКА/

ПРИСВОЕН. /XZERO=ОКР3.TX

ПРИСВОЕН. /YZERO=ОКР3.TY

ПРИСВОЕН. /ZZERO=ОКР3.TZ

ПРИСВОЕН. /IZERO=ОКР3.TI

ПРИСВОЕН. /JZERO=ОКР3.TJ

ПРИСВОЕН. /KZERO=ОКР3.TK

ПРИСВОЕН. /DZERO=ОКР3.TD

ОКР\_5ТЧК\_МНК=ЭЛ-

T/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД.МНК,ДА

НОМИН.

/<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO

ФАКТ. /<0,0.002,-10>,<0,0,1>,80.035

CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,,

УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3

ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      | 107                   |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       |      |

ОКР\_5ТЧК\_МИНМАКС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД\_МИНМАКС,ДА

НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO

ФАКТ. /<0,0.001,-10>,<0,0,1>,80.036

CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,.

УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3

ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

МИНМАКС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_ОКР\_5ТЧК\_МИНМАКС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_5ТЧК\_МИНМАКС UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ

ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

X XZERO 0.050 0.050 0.000 0.000 0.000 ---#----

Y YZERO 0.050 0.050 0.001 0.001 0.000 ---#----

D DZERO 0.050 0.050 80.036 0.036 0.000 -----#-

КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_ОКР\_5ТЧК\_МИНМАКС

РАЗМ. КРУГЛ\_5ТЧК\_МИНМАКС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_5ТЧК\_МИНМАКС UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА

ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

M 0.000 0.050 0.000 0.000 0.000 0.000 #-----

ОКР\_5ТЧК\_ОПИС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,ОПИСАН.,ДА

НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO

ФАКТ. /<-2.49,26.342,-10>,<0,0,1>,60.045

CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,.

УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3

ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

ОПИС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_ОКР\_5ТЧК\_ОПИС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_5ТЧК\_ОПИС UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ

ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

X XZERO 0.050 0.050 -2.490 -2.490 2.440 <-----

Y YZERO 0.050 0.050 26.342 26.342 26.292 ----->

D DZERO 0.050 0.050 60.045 -19.955 19.905 <-----

КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_ОКР\_5ТЧК\_ОПИС

РАЗМ. КРУГЛ\_ОКР\_5ТЧК\_ОПИС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_5ТЧК\_ОПИС UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА

ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

M 0.000 0.050 0.000 13.654 13.654 13.604 ----->

ОКР\_5ТЧК\_ВПИС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,ВПИСАН.,ДА

НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO

ФАКТ. /<0,0.001,-10>,<0,0,1>,80.036

CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,.

УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3

ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

ВПИС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_ОКР\_5ТЧК\_ВПИС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_5ТЧК\_ВПИС UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ

ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

X XZERO 0.050 0.050 0.000 0.000 0.000 ---#----

Y YZERO 0.050 0.050 0.001 0.001 0.000 ---#----

D DZERO 0.050 0.050 80.036 0.036 0.000 -----#-

КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_ОКР\_5ТЧК\_ВПИС

РАЗМ. КРУГЛ\_ОКР\_5ТЧК\_ВПИС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_5ТЧК\_ВПИС UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА

ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

M 0.000 0.050 0.000 0.000 0.000 0.000 #-----

ПЕРЕХОД/END

I.10

=МЕТКА/

ПРИСВОЕН

/K=K+1

Лист

150405.2017.233.00.ПЗ

108

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |



T6  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>  
 ПРИСВОЕН. /K=K+1

T7  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>  
 ПРИСВОЕН. /K=K+1

T8  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>  
 ПРИСВОЕН. /K=K+1

T9  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>  
 ПРИСВОЕН. /K=K+1

T10  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ЕСЛИ\_ПЕРЕХОД/C1.INPUT==30,ПЕРЕХОД=L30  
 ОКР\_10ТЧК\_МНК=ЭЛ-  
 Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД.МНК,ДА  
 НОМИН.  
 /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,IZERO,KZERO>,  
 DZERO  
 ФАКТ. /<65.913,132.893,-20.5>,<0,0,1>,355.897

CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,  
 T10,,  
 УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3  
 ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

МНК

РАЗМ. ПОЛОЖ\_10ТЧК\_МНК= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_10ТЧК\_МНК UNITS=ММ,\$  
 ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ  
 ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
 X XZERO 0.050 0.050 65.912 65.912 65.862 ----->  
 Y YZERO 0.050 0.050 132.898 132.898 132.848 ----->  
 D DZERO 0.050 0.050 355.897 294.897 294.847 ----->  
 КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_10ТЧК\_МНК  
 РАЗМ. КРУГЛ\_10ТЧК\_МНК= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_10ТЧК\_МНК UNITS=ММ,\$  
 ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА  
 ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
 M 0.000 0.050 0.000 32.744 32.744 32.694 ----->  
 ОКР\_10ТЧК\_МИНМАКС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД.\_МИНМАКС,ДА  
 НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,IZERO,KZERO>,DZERO  
 ФАКТ. /<93.474,123.383,-20.5>,<0,0,1>,359.662  
 CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,,  
 УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3  
 ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

МИНМАКС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_10ТЧК\_МИНМАКС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_10ТЧК\_МИНМАКС  
 UNITS=ММ,\$  
 ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ  
 ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
 X XZERO 0.050 0.050 93.473 93.473 93.423 ----->  
 Y YZERO 0.050 0.050 123.388 123.388 123.338 ----->  
 D DZERO 0.050 0.050 359.662 298.662 298.612 ----->  
 КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_10ТЧК\_МИНМАКС  
 РАЗМ. КРУГЛ\_10ТЧК\_МИНМАКС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_10ТЧК\_МИНМАКС  
 UNITS=ММ,\$  
 ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА  
 ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
 M 0.000 0.050 0.000 27.469 27.469 27.419 ----->

|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | Лист |
|      |      |          |         |      |  |  |  |  |  | 109  |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |  |  |  |  |  |      |

150405.2017.233.00.ПЗ

ОКР\_10ТЧК\_ОПИС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,ОПИСАН.,ДА  
НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO  
ФАКТ. /<75.801,132.757,-20.5>,<0,0,1>,385.038  
CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,,  
УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3  
ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

ОПИС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_10ТЧК\_ОПИС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_10ТЧК\_ОПИС UNITS=ММ ,\$  
ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
X XZERO 0.050 0.050 75.800 75.800 75.750 ----->  
Y YZERO 0.050 0.050 132.763 132.763 132.713 ----->  
D DZERO 0.050 0.050 385.038 324.038 323.988 ----->

КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_10ТЧК\_ОПИС

РАЗМ. КРУГЛ\_10ТЧК\_ОПИС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_10ТЧК\_ОПИС UNITS=ММ ,\$  
ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
M 0.000 0.050 0.000 31.176 31.176 31.126 ----->

ОКР\_10ТЧК\_ВПИС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,ВПИСАН.,ДА  
НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO  
ФАКТ. /<-8.025,158.695,-20.5>,<0,0,1>,368.482  
CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,,  
УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3  
ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

ВПИС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_10ТЧК\_ВПИС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_10ТЧК\_ВПИС UNITS=ММ ,\$  
ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
X XZERO 0.050 0.050 -8.026 -8.026 7.976 <-----<  
Y YZERO 0.050 0.050 158.700 158.700 158.650 ----->  
D DZERO 0.050 0.050 368.482 307.482 307.432 ----->

КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_10ТЧК\_ВПИС

РАЗМ. КРУГЛ\_10ТЧК\_ВПИС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_10ТЧК\_ВПИС UNITS=ММ ,\$  
ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
M 0.000 0.050 0.000 41.700 41.700 41.650 ----->

ПЕРЕХОД/END

L30 =МЕТКА/

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T11

=ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T12

=ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T13

=ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T14

=ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T15

=ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T16

=ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T17  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T18  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T19  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T20  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T21  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T22  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T23  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

ОКР\_30ТЧК\_МНК=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД.МНК,ДА  
 НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,\$ZERO

ФАКТ. /<132.749,108.069,-  
 0.833>,<0,0,1>,382.42CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11,T12,T13,T14,T15,T16,T17,T18,T19,T20,T21,T22,T23,T24,T25,T26,T27,T28,T29,T30,,

УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3  
 ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

МНК

РАЗМ. ПОЛОЖ\_30ТЧК\_МНК= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_30ТЧК\_МНК  
 UNITS=ММ,\$

T24  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T25  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T26  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T27  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T28  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T29  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ПРИСВОЕН. /K=K+1

T30  
 =ОБЩИЙ/POINT,ЗАВИСИМЫЙ,ДЕКАРТОВ,\$  
 НОМ/XYZ,<FTX[K],FTY[K],FTZ[K]>,\$  
 ИЗМ/XYZ,<FX[K],FY[K],FZ[K]>,\$  
 НОМ/IJK,<FTI[K],FTJ[K],FTK[K]>,\$  
 ИЗМ/IJK,<FI[K],FJ[K],FK[K]>

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
X XZERO 0.050 0.050 132.748 132.738 132.688 ----->  
Y YZERO 0.050 0.050 108.074 108.071 108.021 ----->  
D DZERO 0.050 0.050 382.420 321.471 321.421 ----->  
КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_30ТЧК\_МНК  
РАЗМ. КРУГЛ\_30ТЧК\_МНК= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_30ТЧК\_МНК UNITS=ММ

,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
М 0.000 0.050 0.000 38.314 38.314 38.264 ----->  
ОКР\_30ТЧК\_МИНМАКС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,СРЕД\_МИНМАКС,ДА  
НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO  
ФАКТ. /<103.454,119.623,-0.833>,<0,0,1>,364.38

CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11,T12,T13,T14,T15,T16,T17,T18,T19,T20,T21,T2  
2,T23,T24,T25,T26,T27,T28,T29,T30,,  
УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3  
ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

МИНМАКС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_30ТЧК\_МИНМАКС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ  
ОКР\_30ТЧК\_МИНМАКС UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
X XZERO 0.050 0.050 103.453 103.443 103.393 ----->  
Y YZERO 0.050 0.050 119.628 119.625 119.575 ----->  
D DZERO 0.050 0.050 364.380 303.431 303.381 ----->  
КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_30ТЧК\_МИНМАКС  
РАЗМ. КРУГЛ\_30ТЧК\_МИНМАКС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_30ТЧК\_МИНМАКС

UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
М 0.000 0.050 0.000 30.480 30.480 30.430 ----->  
ОКР\_30ТЧК\_ОПИС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,ОПИСАН.,ДА  
НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO  
ФАКТ. /<76.391,134.575,-0.833>,<0,0,1>,388.802

CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11,T12,T13,T14,T15,T16,T17,T18,T19,T20,T21,T2  
2,T23,T24,T25,T26,T27,T28,T29,T30,,  
УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3  
ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

ОПИС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_30ТЧК\_ОПИС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_30ТЧК\_ОПИС  
UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
X XZERO 0.050 0.050 76.390 76.380 76.330 ----->  
Y YZERO 0.050 0.050 134.580 134.577 134.527 ----->  
D DZERO 0.050 0.050 388.802 327.853 327.803 ----->  
КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_30ТЧК\_ОПИС  
РАЗМ. КРУГЛ\_30ТЧК\_ОПИС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_30ТЧК\_ОПИС

UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА  
ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП  
М 0.000 0.050 0.000 34.969 34.969 34.919 ----->  
ОКР\_30ТЧК\_ВПИС=ЭЛ- Т/ОКРУЖН.,ДЕКАРТОВ,ВХОД,ВПИСАН.,ДА  
НОМИН. /<XZERO,YZERO,ZZERO>,<IZERO,JZERO,KZERO>,DZERO  
ФАКТ. /<255.803,63.885,-0.833>,<0,0,1>,492.964

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 112  |

CONSTR/CIRCLE,BF,D2,T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11,T12,T13,T14,T15,T16,T17,T18,T19,T20,T21,T22,T23,T24,T25,T26,T27,T28,T29,T30,,

УДАЛЕНИЕ\_ВЫБРОСОВ/ВЫКЛ,3  
ФИЛЬТР/ВЫКЛ,UPR=0

\$\$ ДА,

ВПИС

РАЗМ. ПОЛОЖ\_30ТЧК\_ВПИС= ПОЛОЖЕНИЕ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_30ТЧК\_ВПИС  
UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ВЫВОД=ОБА ПОЛОВИНА УГЛА=НЕТ

ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

X XZERO 0.050 0.050 255.802 255.792 255.742 ----->

Y YZERO 0.050 0.050 63.890 63.887 63.837 ----->

D DZERO 0.050 0.050 492.964 432.015 431.965 ----->

КОНЕЦ РАЗМЕРА ПОЛОЖ\_30ТЧК\_ВПИС

РАЗМ. КРУГЛ\_30ТЧК\_ВПИС= КРУГЛОСТЬ ОКРУЖНОСТЬ ОКР\_30ТЧК\_ВПИС  
UNITS=ММ,\$

ГРАФ.=ВЫКЛ ТЕКСТ=ВЫКЛ НЕСК.=10.00 ПЛОТН.СТРЕЛКИ=100 ВЫВОД=ОБА

ОСЬ НОМИНАЛ + В.О. - Н.О. ИЗМЕР. ОТКЛ ВНЕ ДОП

M 0.000 0.050 0.000 54.470 54.470 54.420 ----->

END =МЕТКА/

ДО/NO==NC

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 113  |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Пример фрагмента отчёта программы измерения кольца на КИМ

```

                МНК
    РАЗМ.      ПОЛОЖ_ОКР_5ТЧК_МНК=      ПОЛОЖЕНИЕ      ОКРУЖНОСТЬ
ОКР_5ТЧК_МНК UNITS=ММ
    ОСЬ  НОМИНАЛ  + В.О.  - Н.О.  ИЗМЕР.  ОТКЛ  ВНЕ ДОП
    X    0.000    0.050  -0.050   0.000   0.000   0.000 ----#----
    Y    0.000    0.050  -0.050  -0.001  -0.001   0.000 ----#----
D   80.000    0.050  -0.050  80.039   0.039   0.000 -----#
    РАЗМ.      КРУГЛ_5ТЧК_МНК=      КРУГЛОСТЬ      ОКРУЖНОСТЬ      ОКР_5ТЧК_МНК
ОКР_5ТЧК_МНК UNITS=ММ
    ОСЬ  НОМИНАЛ  + В.О.  - Н.О.  ИЗМЕР.  ОТКЛ  ВНЕ ДОП
M   0.000    0.050   0.000   0.000   0.000   0.000 #-----

                МИНМАКС
    РАЗМ.      ПОЛОЖ_ОКР_5ТЧК_МИНМАКС=      ПОЛОЖЕНИЕ      ОКРУЖНОСТЬ
ОКР_5ТЧК_МИНМАКС UNITS=ММ
    ОСЬ  НОМИНАЛ  + В.О.  - Н.О.  ИЗМЕР.  ОТКЛ  ВНЕ ДОП
X   0.000    0.050  -0.050   0.000   0.000   0.000 ----#----
Y   0.000    0.050  -0.050  -0.001  -0.001   0.000 ----#----
D   80.000    0.050  -0.050  80.039   0.039   0.000 -----#
    РАЗМ.      КРУГЛ_5ТЧК_МИНМАКС=      КРУГЛОСТЬ      ОКРУЖНОСТЬ
ОКР_5ТЧК_МИНМАКС UNITS=ММ
    ОСЬ  НОМИНАЛ  + В.О.  - Н.О.  ИЗМЕР.  ОТКЛ  ВНЕ ДОП
M   0.000    0.050   0.000   0.000   0.000   0.000 #-----

                ОПИС
    РАЗМ.      ПОЛОЖ_ОКР_5ТЧК_ОПИС=      ПОЛОЖЕНИЕ      ОКРУЖНОСТЬ      ОКР_5ТЧК_ОПИС
ОКР_5ТЧК_ОПИС UNITS=ММ
    ОСЬ  НОМИНАЛ  + В.О.  - Н.О.  ИЗМЕР.  ОТКЛ  ВНЕ ДОП
X   0.000    0.050  -0.050   0.471   0.471   0.421 ----->
Y   0.000    0.050  -0.050  -0.001  -0.001   0.000 ----#----
D   80.000    0.050  -0.050  78.623  -1.377   1.327 <-----
    РАЗМ.      КРУГЛ_ОКР_5ТЧК_ОПИС=      КРУГЛОСТЬ      ОКРУЖНОСТЬ      ОКР_5ТЧК_ОПИС
ОКР_5ТЧК_ОПИС UNITS=ММ
    ОСЬ  НОМИНАЛ  + В.О.  - Н.О.  ИЗМЕР.  ОТКЛ  ВНЕ ДОП
M   0.000    0.050   0.000   4.735   4.735   4.685 ----->

                ВПИС
    РАЗМ.      ПОЛОЖ_ОКР_5ТЧК_ВПИС=      ПОЛОЖЕНИЕ      ОКРУЖНОСТЬ      ОКР_5ТЧК_ВПИС
ОКР_5ТЧК_ВПИС UNITS=ММ
    ОСЬ  НОМИНАЛ  + В.О.  - Н.О.  ИЗМЕР.  ОТКЛ  ВНЕ ДОП
X   0.000    0.050  -0.050   0.000   0.000   0.000 ----#----
    Y   0.000    0.050  -0.050  -0.001  -0.001   0.000 ----#----
    D   80.000    0.050  -0.050  80.040   0.040   0.000 -----#
    РАЗМ.      КРУГЛ_ОКР_5ТЧК_ВПИС=      КРУГЛОСТЬ      ОКРУЖНОСТЬ
ОКР_5ТЧК_ВПИС UNITS=ММ
    ОСЬ  НОМИНАЛ  + В.О.  - Н.О.  ИЗМЕР.  ОТКЛ  ВНЕ ДОП
M   0.000    0.050   0.000   0.002   0.002   0.000 #-----
    
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### Программа для считывания необходимых данных из протокола

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Data;
using System.Windows.Documents;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Media;
using System.Windows.Media.Imaging;
using System.Windows.Navigation;
using System.Windows.Shapes;
namespace WpfApplication4
{using System.IO;
    using Microsoft.Win32;
    public partial class MainWindow : Window
    {public MainWindow()
        {InitializeComponent();}
        private void OnOpenClick(object sender, RoutedEventArgs e)
        {OpenFileDialog dlg = new OpenFileDialog();
            dlg.Filter = "Txt|*.txt|Any|*.*";
            dlg.Multiselect = true;
            if (dlg.ShowDialog(this) == true)
            {StringBuilder b = new StringBuilder();
                for (int k = 0; k < dlg.FileNames.Length; k++)
                {b.AppendLine(dlg.FileNames[k]);
                    string[] lines = File.ReadAllLines(dlg.FileNames[k]);
                    int cc = 0;
                    for (int i = 0; i < lines.Length; i++)
                    {if (lines[i].StartsWith("X ") | lines[i].StartsWith("Y ") | line
s[i].StartsWith("D ")
                        | lines[i].StartsWith("M "))
                        {string[] elements =
                            lines[i].Replace("\t", "")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Replace(" ", " ")
                                .Split(' ');
                            b.Append(elements[4].Replace(".", ",") + "\t");
                            if (lines[i].StartsWith("M ") && ((cc + 1) % 16 == 0)) b.
Append("\n");
                                cc++;}
                    }
                    b.AppendLine();}
                textBox1.Text = b.ToString();}}
        }
    }
```

|      |      |          |         |      |                       |      |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |         |      | 150405.2017.233.00.ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                       | 115  |