



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»  
Кафедра «Технология автоматизированного машиностроения»  
Направление подготовки 15.04.05 – «Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств»



# Разработка программно- методического обеспечения координатных измерений параметров резьбовых конических калибров

Научный руководитель, к.т.н., доцент

И.В. Сурков

Магистрант группы П-261

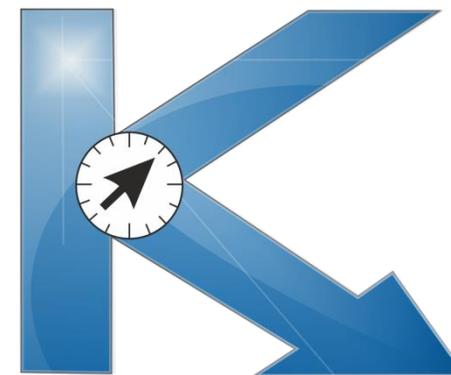
Е.В. Ведешкина

# Характеристика предприятия

2

Промышленный холдинг «Челябинский инструмент» является крупнейшим отечественным разработчиком и производителем качественного измерительного инструмента, приборов, средств автоматизированного контроля размеров, резьбовых калибров, железнодорожных шаблонов и слесарного инструмента. Холдинг объединяет несколько предприятий, каждое из которых специализируется на выпуске определенной группы средств измерений.

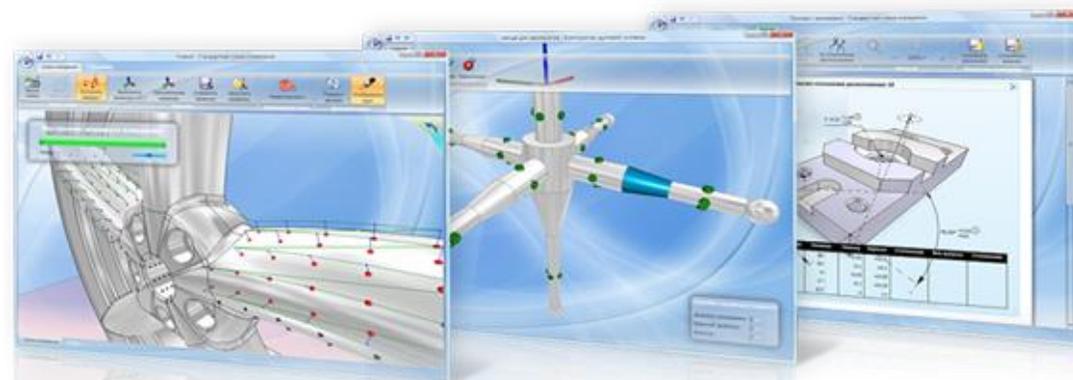
23 апреля 2003 года в составе холдинга был создан Челябинский научно-исследовательский и конструкторский институт средств контроля и измерений в машиностроении (ЗАО «ЧелябНИИконтроль»), на который возложено решение задач по серийному выпуску традиционной номенклатуры средств измерения (зубоизмерительные, подшипниковые приборы, приборы для контроля параметров биения, для настройки инструментальных комплектов вне станка и др.), проектированию и изготовлению новых конструкций измерительных приборов и систем для контроля размерных параметров в машиностроении, приборов автоматического управления ходом технологического процесса, разработке специализированного метрологического программного обеспечения, модернизации (ретрофиттингу) выпущенных ранее приборов и средств измерения, разработке технологии контроля, стандартов, методик выполнения измерений.



ЧЕЛЯБНИИКОНТРОЛЬ.РФ



**ТЕХНОКООРД™**



# Характеристика темы ВКР

3

Направленность – измерения на трехкоординатной машине.

Направленность по ФГОС – научно-исследовательская – разработка теоретических моделей, позволяющих исследовать качество выпускаемых изделий; математическое моделирование процессов; разработка алгоритмического и программного обеспечения машиностроительных производств; разработка методики измерения.

Объект – резьбовые конические калибры.

Предмет – конструкторско-геометрические параметры.



# Однопараметрические методы измерения

4

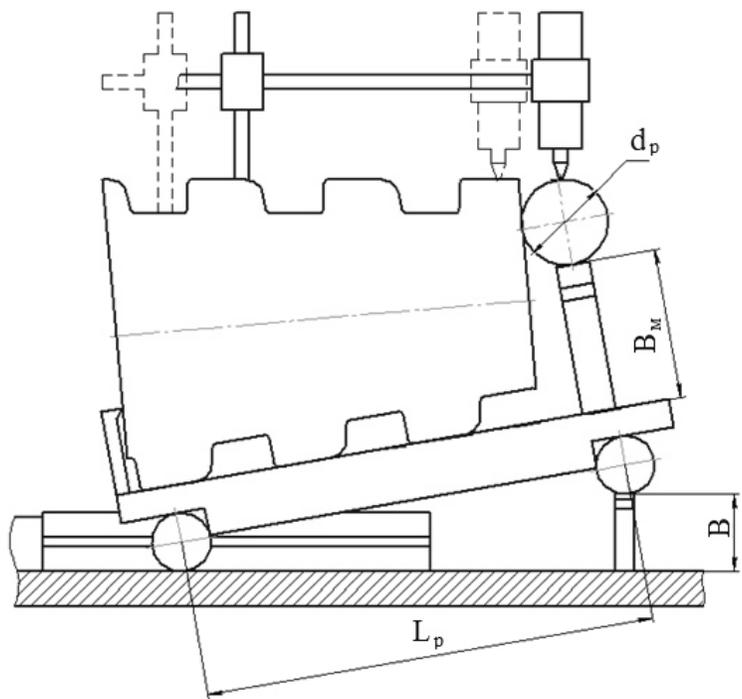


Схема установки калибра на синусную линейку при определении наружного диаметра резьбы



Измерение среднего диаметра на приборе НИИК-481KM2

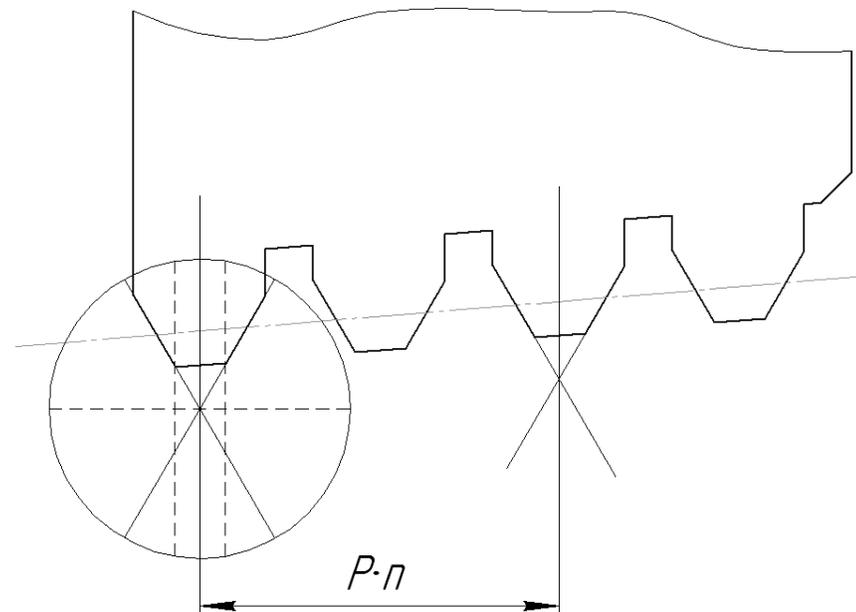
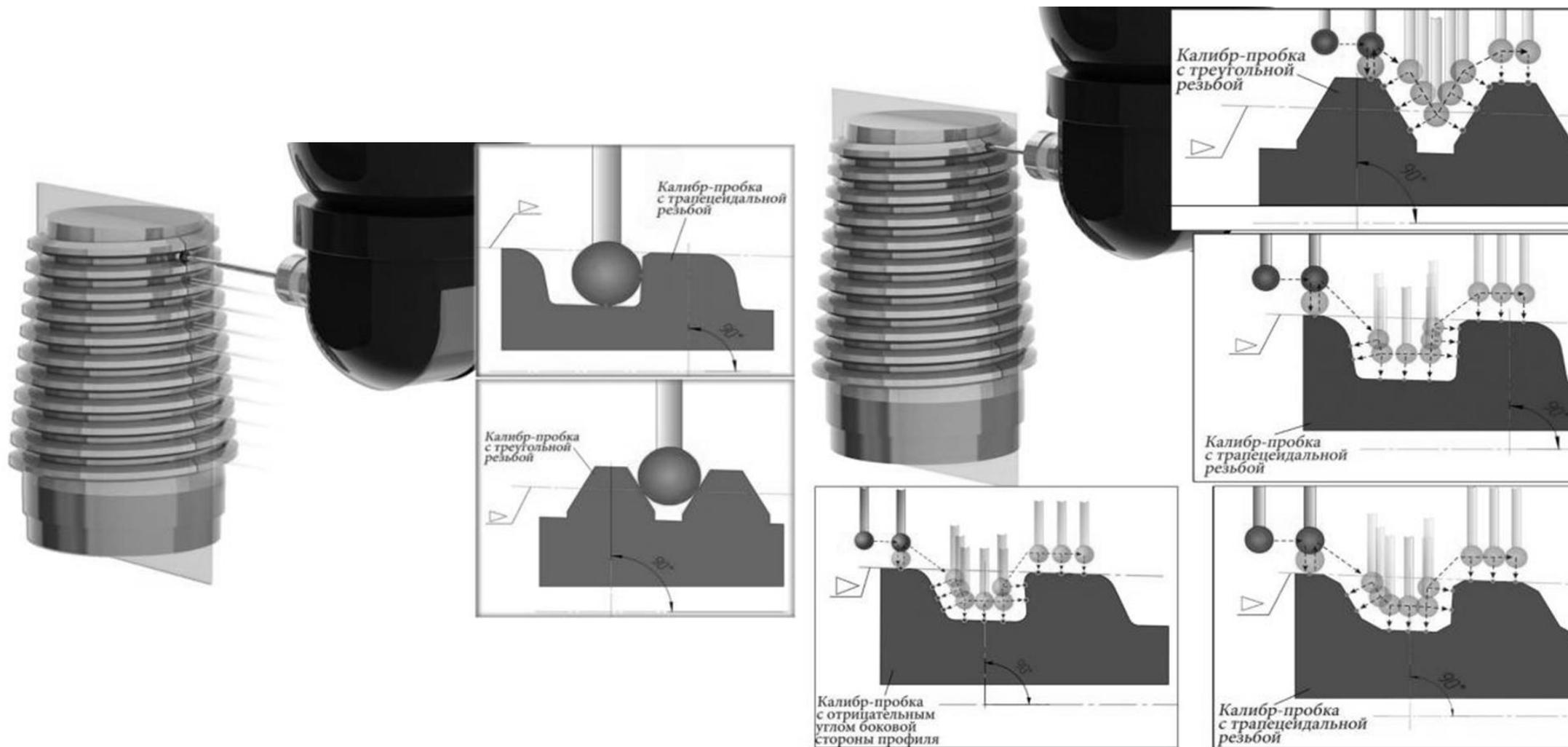


Схема измерения шага резьбы с треугольным профилем на микроскопе теневым методом

# Многопараметрический метод измерения

5



Стратегия измерения «от точки к точке»

# Факторы актуальности ВКР

6

- 1 Использование устаревшего измерительного оборудования.
- 2 Отсутствие методического обеспечения координатных измерений резьбовых калибров.
- 3 Отсутствие программного обеспечения координатных измерений резьбовых калибров на оборудовании с поворотным столом.



# Цель и задачи ВКР

7

Цель работы – создать методическое, информационное, алгоритмическое обеспечение координатных измерений параметров резьбовых конических калибров для ПО «ТЕХНОкоорд».

Задачи работы:

- 1 проанализировать методическую литературу по теме «Измерения резьбовых конических калибров»;
- 2 разработать теоретическое обеспечение координатных измерений;
- 3 разработать дизайн графического интерфейса программного обеспечения «ТЕХНОкоорд–3К»;
- 4 реализовать результаты работы на двух- и трехкоординатных измерительных машинах.

# Разработка теоретического обеспечения координатных измерений

8

Особенности методики координатных измерений для оборудования с двух-,  
трёх- и четырёхкоординатной компоновкой



Двухкоординатный  
прибор  
НИИК-481KM2



Трёхкоординатная  
машина DEA Global

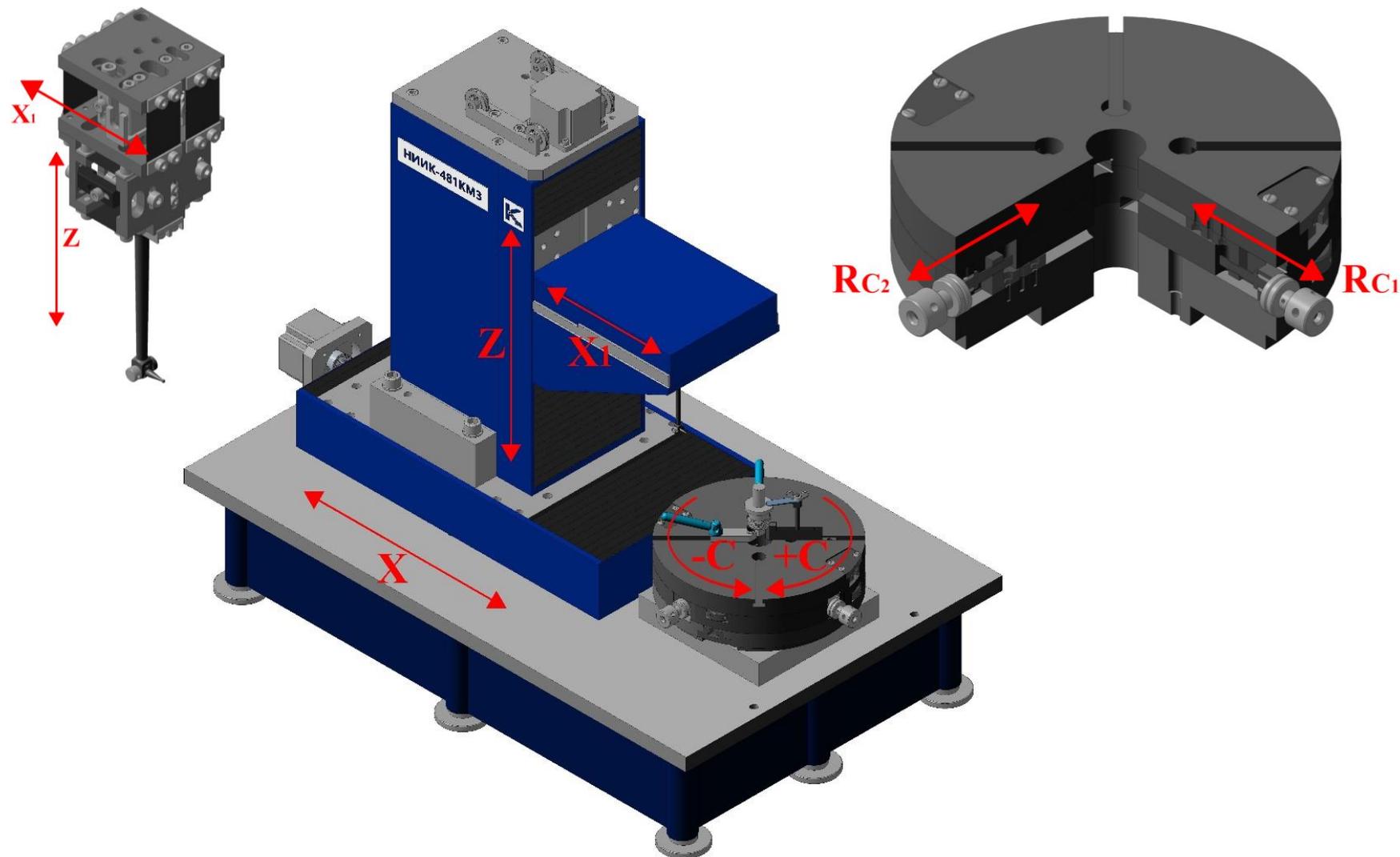


Четырёхкоординатная  
система  
НИИК-483

# Разработка теоретического обеспечения координатных измерений

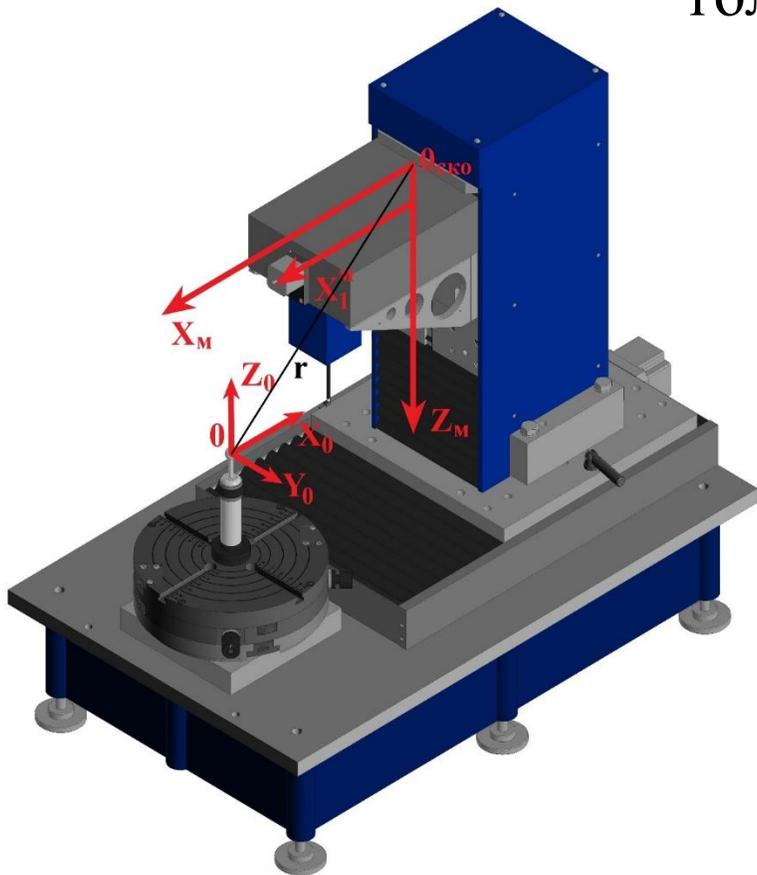
Особенности компоновки НИИК-481КМЗ

9

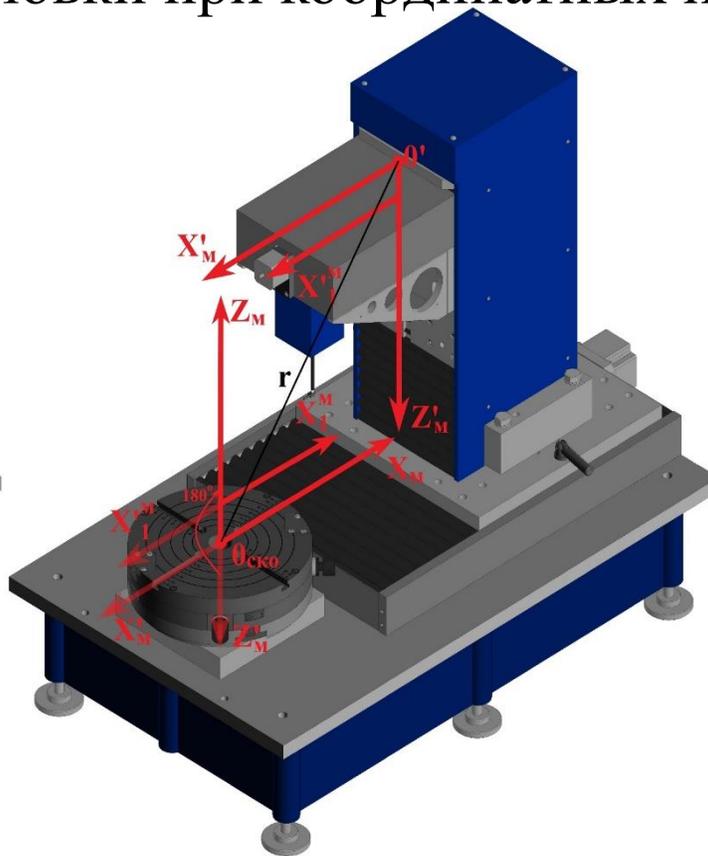


# Разработка теоретического обеспечения координатных измерений

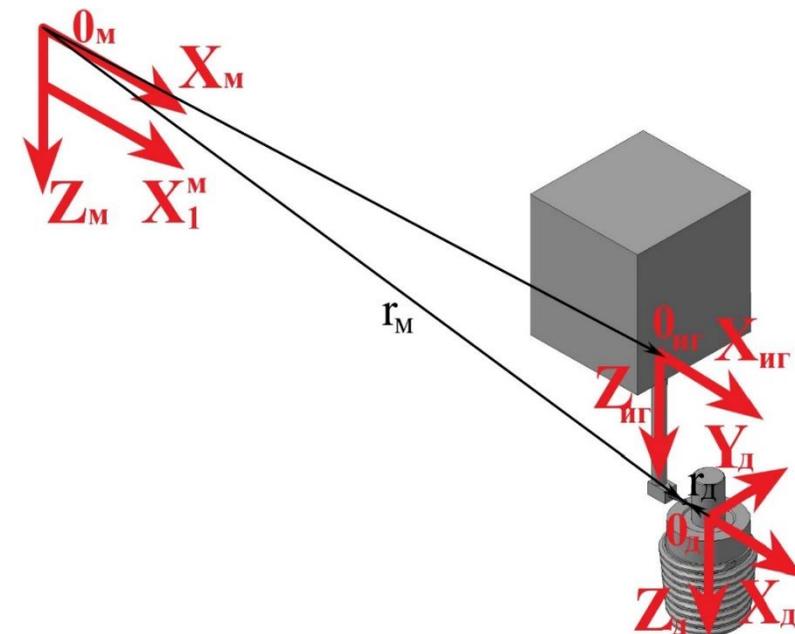
Взаимосвязь систем координат машины, детали и измерительной головки при координатных измерениях



Взаимосвязь СК машины  
и СК калибровочной сферы



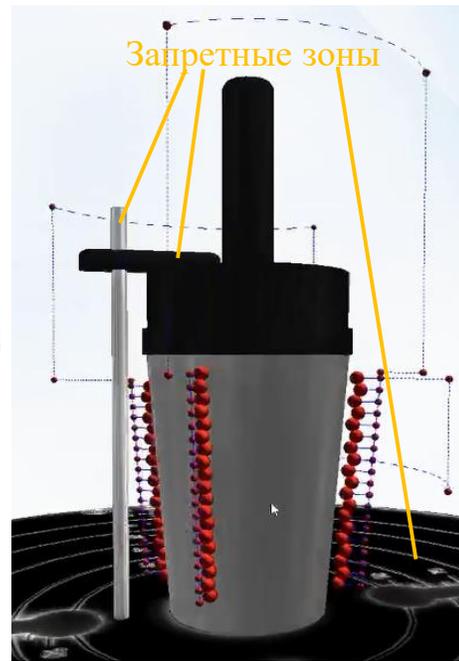
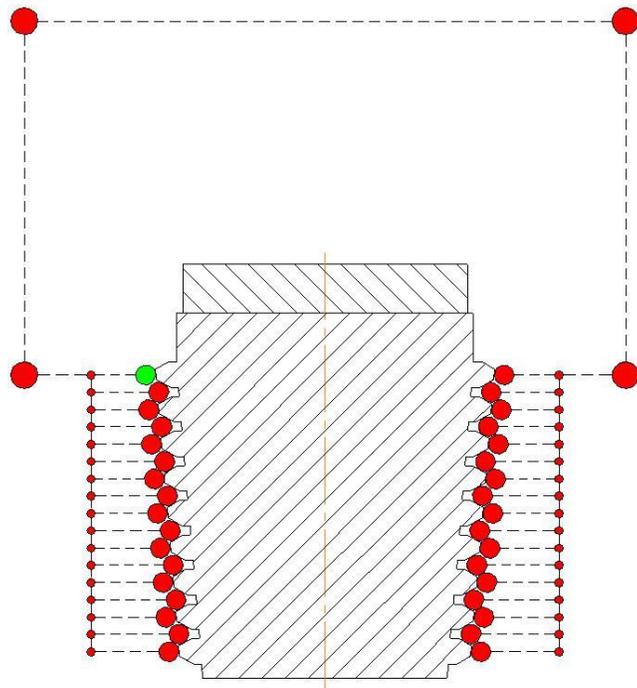
Взаимосвязь СК машины  
и относительной СК



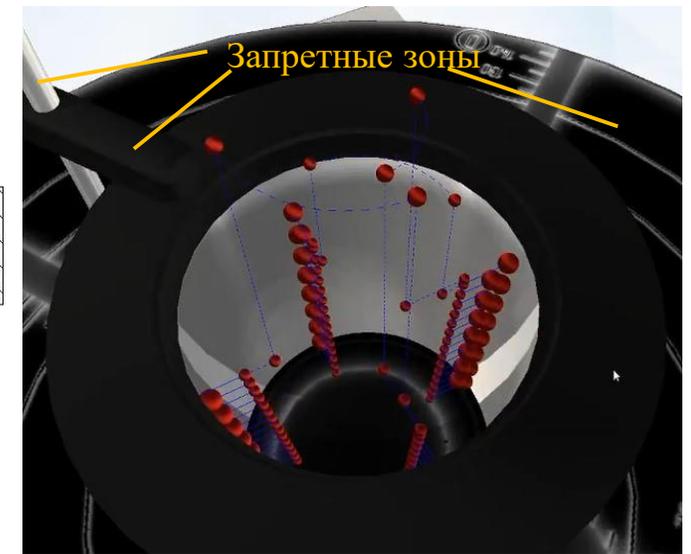
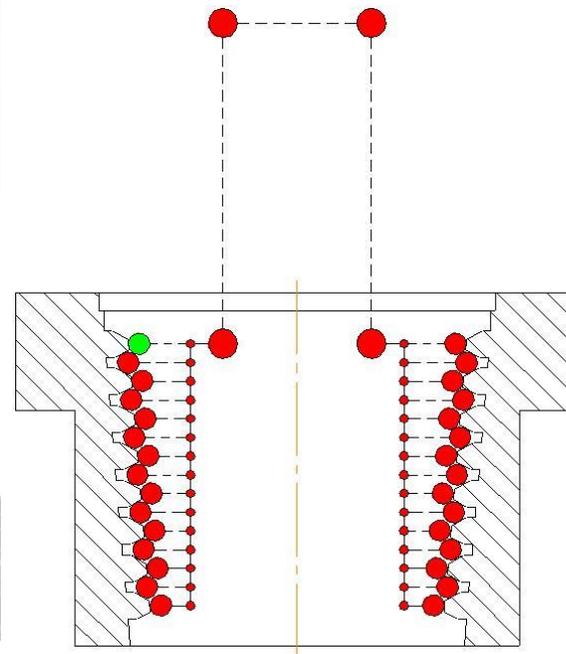
Взаимосвязь СК машины,  
СК измерительной  
головки и СК детали

# Разработка теоретического обеспечения координатных измерений

## Разработка стратегии измерения



Упрощенная стратегия измерения  
калибра-пробки

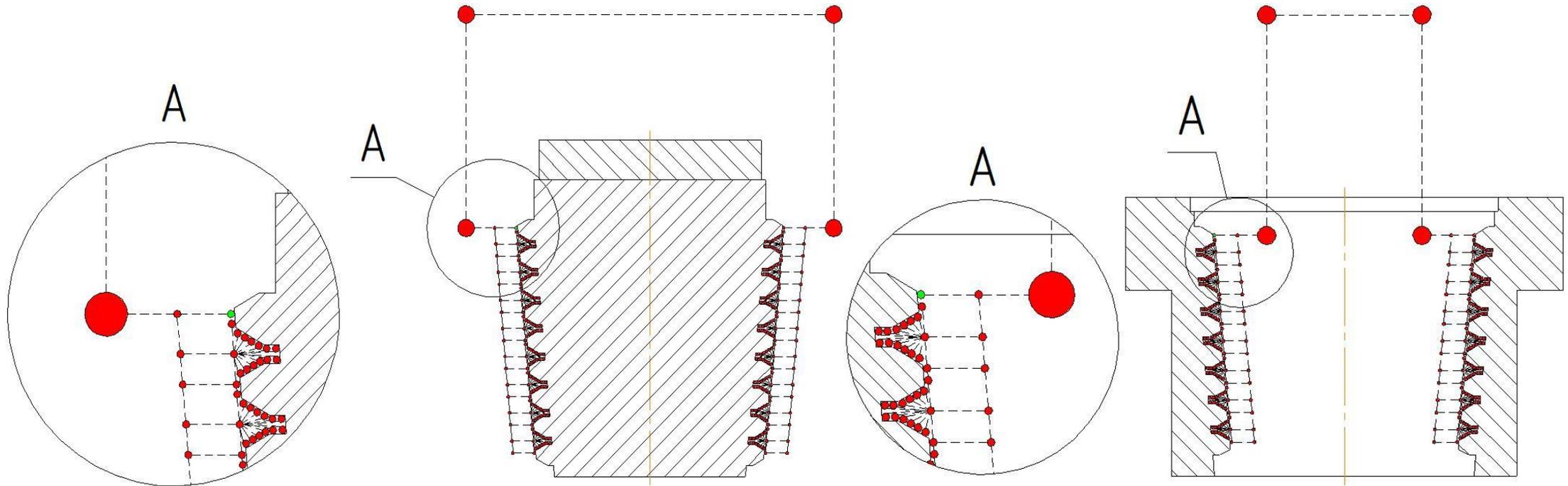


Упрощенная стратегия измерения  
калибра-кольца

# Разработка теоретического обеспечения координатных измерений

12

Разработка стратегии измерения



Стратегия измерения

«от точки к точке» калибра-пробки

Стратегия измерения

«от точки к точке» калибра-кольца

# Разработка теоретического обеспечения координатных измерений

13

## Фрагмент разработки математических моделей конструкторско-геометрических параметров резьбовых конических калибров

Для определения оси калибра вычислим координаты точки пересечения этих прямых и угол  $\theta$  между ними по формуле (2.9):

$$\theta = \arctg \left( \frac{m_{19} - m_{18}}{1 + m_{19} \cdot m_{18}} \right), \text{ град}, \quad (2.9)$$

где  $m_{18}$  – коэффициент уравнения прямой пр.18;

$m_{19}$  – коэффициент уравнения прямой пр.19.

Шаг резьбы калибра ( $P_p$ ) определяется как расстояние между точкой пересечения двух прямых, полученных по точкам, лежащим на левой стороне профиля второго витка резьбы со стороны большего торца и в соответствующей впадине, и полученным ранее перпендикуляром, по формуле (2.15):

$$P_p = \left| \frac{ax + by + c}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right|, \text{ мм}, \quad (2.15)$$

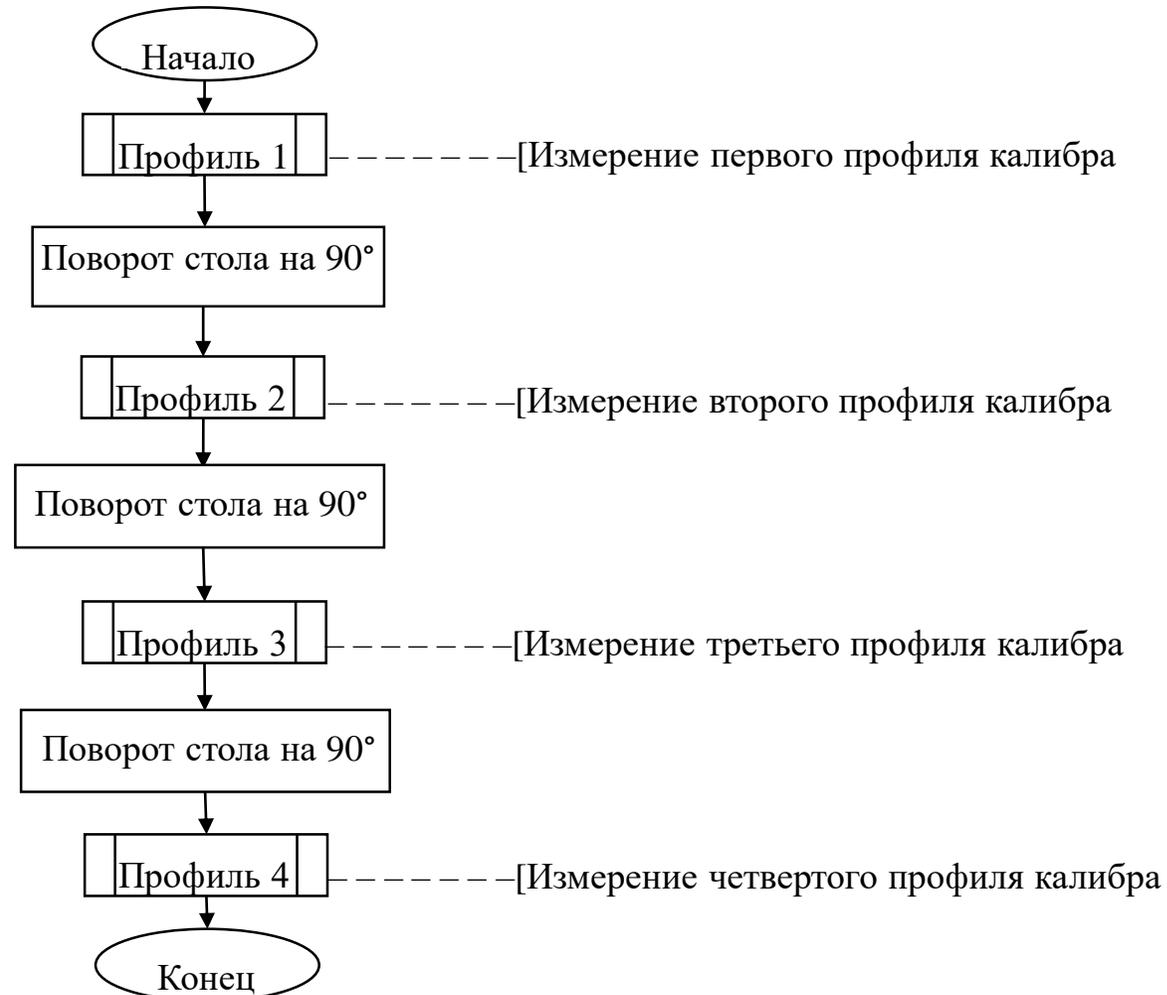
где  $a, b, c$  – коэффициенты уравнения перпендикуляра;

$x, y$  – координаты точки.

# Разработка теоретического обеспечения координатных измерений

14

Разработка алгоритма измерения массива точек



# Разработка дизайна графического интерфейса для ПО «ТЕХНОкоорд–3К»

Пробка  Кольцо  
 Треугольная  Трапеция  
 8867  НКМ

b/2	0,85
Шаг	6,35
Высота зуба	7,896
Наружный	62,196
Внутренний	54,3
Средний	59,817
L	73,5
Конусность 1/	6
Диаметр щупа	3,67

Идентификатор: 3-65 пробка

Окно  
выбора  
исходных  
данных

Окно  
калибровки

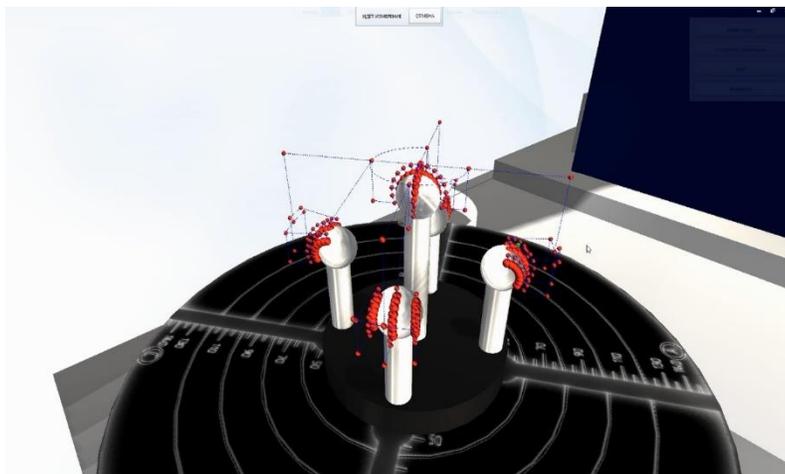
Окно выбора  
измерительного  
наконечника

Окно  
математического  
базирования  
измеряемой  
детали

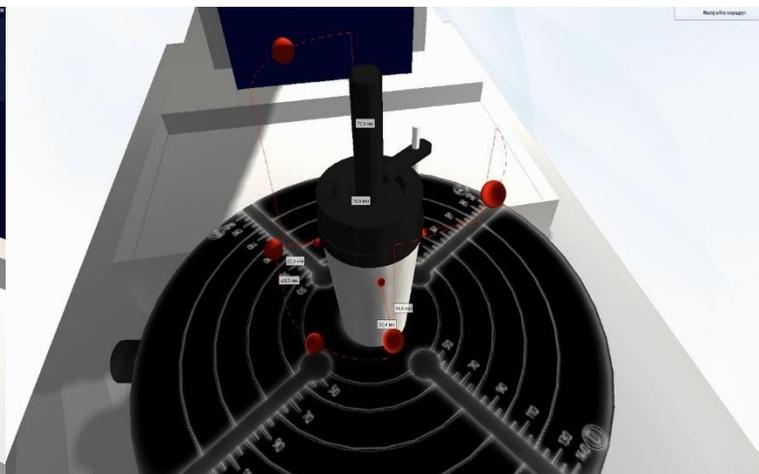
Окно  
упрощенной  
стратегии  
измерения

# Разработка дизайна графического интерфейса для ПО «ТЕХНОкоорд–3К»

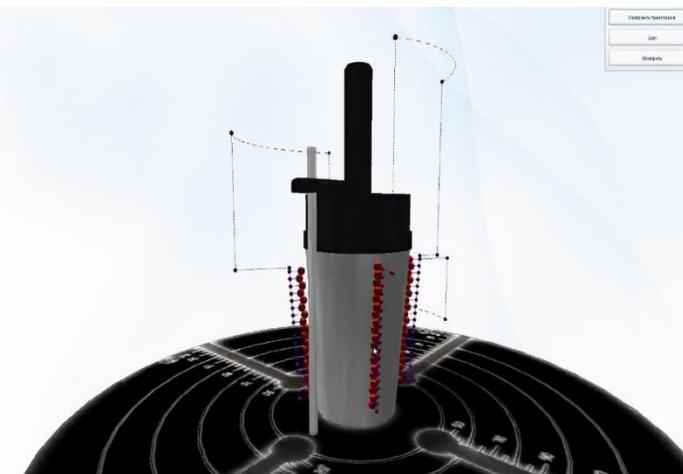
16



Калибровка ИН  
в автоматическом  
режиме измерения



Настройка маршрута

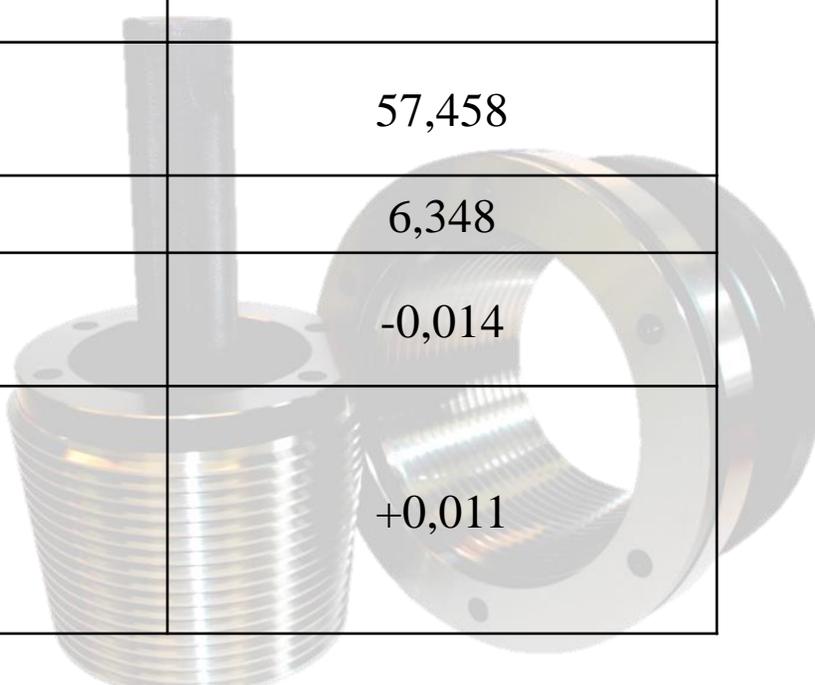


Траектория измерения  
по упрощенной  
стратегии

# Реализация результатов работы на двух- и трехкоординатных машинах

Таблица 4.1 – Результаты измерений калибра-кольца на КИП НИИК–481КМ2

Измеряемый параметр	Размеры по ГОСТ	Средства измерения	
		Универсальные средства измерения	Прибор НИИК–481КМ2
Средний диаметр в измерительной плоскости, мм	59,817±0,010	59,824	59,823
Внутренний диаметр в измерительной плоскости, мм	57,438±0,050	57,456	57,458
Шаг резьбы , мм	6,35±0,015	6,346	6,348
Отклонение от конусности по среднему диаметру, мм	-0,010 -0,030	-0,015	-0,014
Отклонение от перпендикулярности базового торца относительно оси измеряемого калибра, мм	+0,015	+0,010	+0,011



# Реализация результатов работы на двух- и трехкоординатных машинах

Таблица 4.2 – Результаты измерений калибра-пробки на КИМ DEA

Измеряемый параметр	Размеры по ГОСТ	Средства измерения	
		Универсальные средства измерения	Прибор DEA
Наружный диаметр в измерительной плоскости, мм	62,196±0,050	62,211	62,210
Средний диаметр в измерительной плоскости, мм	59,817±0,010	59,820	59,821
Шаг резьбы , мм	6,35±0,010	6,343	6,344
Отклонение 1/2 угла наклона боковой стороны (30°) (правой)	±7′	+5′	+4′
Отклонение 1/2 угла наклона боковой стороны (30°) (левой)	±7′	+2′	+2′
Отклонение от конусности по среднему диаметру, мм	+0,010	+0,002	+0,003
Отклонение от перпендикулярности базового торца относительно оси измеряемого калибра, мм	+0,015	+0,010	+0,010

# Реализация результатов работы

## на двух- и трехкоординатных машинах

Таблица 4.3 – Результаты измерений калибра-пробки на КИС НИИК–481КМЗ

Измеряемый параметр	Размеры по ГОСТ	Средства измерения	
		Универсальные средства измерения	Прибор НИИК–481КМЗ
Наружный диаметр в измерительной плоскости, мм	62,196±0,050	62,211	62,212
Средний диаметр в измерительной плоскости, мм	59,817±0,010	59,820	59,822
Шаг резьбы , мм	6,35±0,010	6,343	6,345
Отклонение 1/2 угла наклона боковой стороны (30°) (правой)	±7′	+5′	+5′
Отклонение 1/2 угла наклона боковой стороны (30°) (левой)	±7′	+2′	+3′
Отклонение от конусности по среднему диаметру, мм	+0,010	+0,002	+0,003
Отклонение от перпендикулярности базового торца относительно оси измеряемого калибра, мм	+0,015	+0,010	+0,011
Отклонение от прямолинейности боковой стороны профиля резьбы (правая), мм	+0,003	+0,001	+0,001
Отклонение от прямолинейности боковой стороны профиля резьбы (левая), мм	+0,003	+0,002	+0,001

# Реализация результатов работы

20

## на двух- и трехкоординатных машинах

Таблица 4.4 – Результаты измерений калибра-кольца на КИС НИИК–481КМЗ

Измеряемый параметр	Размеры по ГОСТ	Средства измерения	
		Универсальные средства измерения	Прибор НИИК–481КМЗ
Средний диаметр в измерительной плоскости, мм	59,817±0,010	59,824	59,825
Внутренний диаметр в измерительной плоскости, мм	57,438±0,050	57,456	57,457
Шаг резьбы, мм	6,35±0,015	6,346	6,346
Отклонение 1/2 угла наклона боковой стороны (30°) (правой)	±15′	-15′	-13′
Отклонение 1/2 угла наклона боковой стороны (30°) (левой)	±15′	+15′	+14′
Отклонение от конусности по среднему диаметру, мм	-0,010 -0,030	-0,015	-0,015
Отклонение от перпендикулярности базового торца относительно оси измеряемого калибра, мм	+0,015	+0,010	+0,009
Отклонение от прямолинейности боковой стороны профиля резьбы (правая), мм	+0,003	+0,001	+0,001
Отклонение от прямолинейности боковой стороны профиля резьбы (левая), мм	+0,003	+0,001	+0,001

1 Проведен анализ методик измерения конструкторско-геометрических параметров резьбовых конических калибров, из которого выявлено, что не существует единой универсальной методики измерения. Также на базе Челябинского научно-исследовательского и конструкторского института средств контроля и измерений в машиностроении (ЗАО «ЧелябНИИконтроль») был разработан прибор для измерения параметров резьбы калибров-колец и калибров-пробок НИИК–481КМЗ, которому требовалась разработка программно-методического обеспечения. Исходя из этого, были поставлены цели и задачи ВКР.

2 Разработаны методическое, информационное и алгоритмическое обеспечения, которые занесены в ПО «ТЕХНОкоорд–ЗК» для автоматизированного выполнения контроля конструкторско-геометрических параметров резьбовых конических калибров.



# Общие выводы по ВКР

22

3 Разработан дизайн графического интерфейса ПО «ТЕХНОкоорд–3К», который предоставляет пользователю пошаговую инструкцию измерения резьбовых конических калибров-пробок и калибров-колец для достижения наиболее точного результата.

4 Проведены измерения по разработанной методике на двух- и трехкоординатных машинах, из результатов которых установлено, что методика реализуема в лабораторных условиях, а также адаптируема для других КИП, КИС и КИМ, что говорит о её универсальности.

5 Разработанное программно-методическое обеспечение применяется на координатно-измерительном приборе НИИК–481КМЗ, выпущенном на предприятии г. Челябинск ЗАО «ЧелябНИИконтроль».

