



# Отчет о диагностике станка

Станок : TOS Kurim TYP FRFQ 250 VR/A6, No 51 046, Инв.№ 40265

Тип станка: продольно-фрезерный обрабатывающий центр  
повышенного класса точности

Клиент : ООО «СтанкоРемСервис»

Объект: АО «МЕТРОВАГОНМАШ»

Отчёт подготовлен: ООО «Шпиндель-сервис», Антюхов Д.В.

27.11.2019



# Проводимые тесты

1. Визуальный осмотр и общие рекомендации
2. Тест параллельности рабочей поверхности стола
3. Тест прямолинейности перемещения осей
4. Тест перпендикулярности осей
5. Тест перпендикулярности оси шпинделя
6. Тест параллельности оси шпинделя
7. Тест геометрии системой RENISHAW ballbar
8. Тест общего состояния шпинделей



# 1. Визуальный осмотр и общие рекомендации

Дефекты выявленные при осмотре станка:

- Дефекты направляющих оси Z (следы износа)
- Шумность перемещения всех осей
- Нехарактерный шум коробки скоростей шпиндельного узла



# 1. Визуальный осмотр и общие рекомендации

## Рекомендации:

- Проверка установки станка на фундаменте (Тест 2) и контроль с интервалом в 3 месяца
- Инспекция ШВП осей Y, Z с последующей заменой (Тест 7)
- Инспекция реечных передач оси X с последующей заменой (Тест 7)
- Регулировка установки сменного шпинделя (Тест 5)
- Настройка коэффициентов усиления приводов осей (Тест 7, рассогласование шкал)
- Регулировка кареток направляющих осей (Тест 7, боковой люфт)
- Ремонт углового шпинделя (Тест 8)

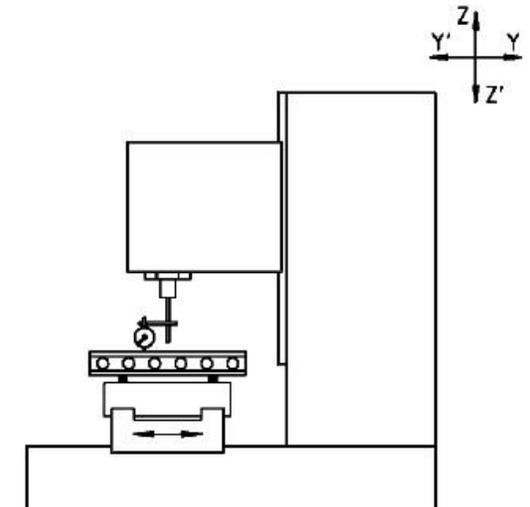


## 2. Тест параллельности рабочей поверхности стола

**Задача теста:** определить параллельность рабочей поверхности стола относительно траектории перемещения шпинделя.

**Инструмент для проведения теста:** магнитный штатив, индикатор часового типа с ценой деления 1 мкм, КМД класса 00.

**Краткая методика теста:** разбиваем поверхность стола на контрольные точки с шагом 440 мм вдоль оси  $Y$  и 500 мм вдоль оси  $X$ , поверхность стола в контрольных точках притирается для устранения шероховатостей. На шпиндель устанавливается индикатор на магнитном штативе. В контрольную точку устанавливается концевая мера длины, к ней подводится индикатор и записываются показания индикатора. Операция повторяется в каждой контрольной точке. Подробная методика описана в ГОСТ 18101-85, п. 1.2.4, ГОСТ 22267-76, п.6.2.4





## 2. Тест параллельности рабочей поверхности стола

**Результаты теста:** по результатам измерений алгебраическая разность составляет 57 мкм при допуске 30 мкм для данного размера стола и класса точности станка – вне допуска.

**Эффект, оказываемый на процесс обработки:** вносимая погрешность составит до 57 мкм по разности высот при обработке горизонтальной плоскости.

**Рекомендации:**

- Проверка установки станка на фундаменте и контроль с интервалом в 3 месяца;





## 2. Тест параллельности рабочей поверхности стола

Результаты замеров отклонения параллельности рабочей поверхности  
стола, мкм :

5200	4700	4200	3700	2600	2100	1600	500	
20	33	17	47	42	33	30	0	440
23	33	24	46	50	29	38	7	880
13	25	5	35	30	19	16	-18	1320
0	18	0	26	19	6	1	-19	1760
7	-	-	25	12	6	5	-21	2200
-7	-	-	18	16	2	13	-20	2640

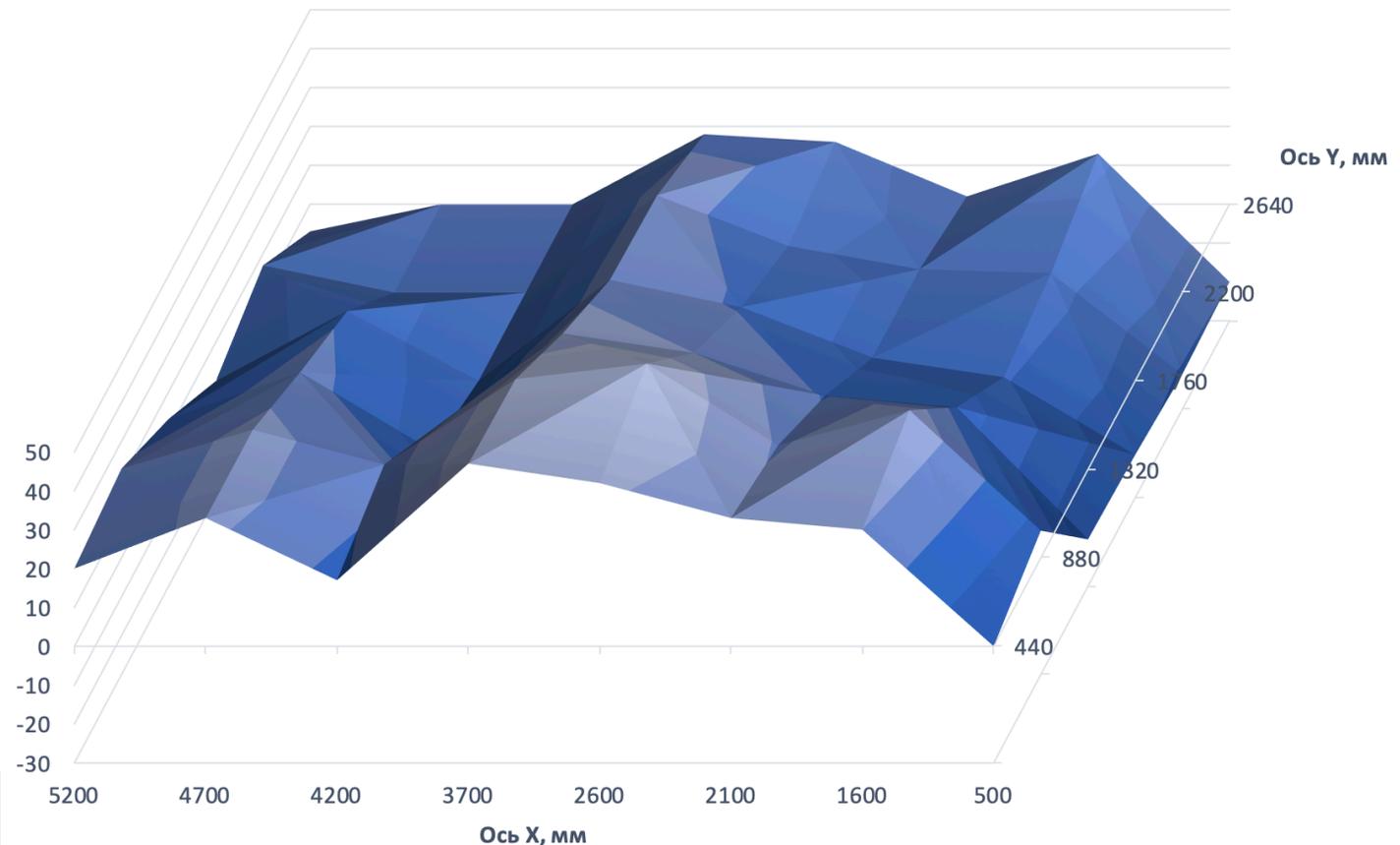
X, мм

Y, мм



## 2. Тест параллельности рабочей поверхности стола

Визуальное представление измерений:





## 3. Тест прямолинейности перемещения осей

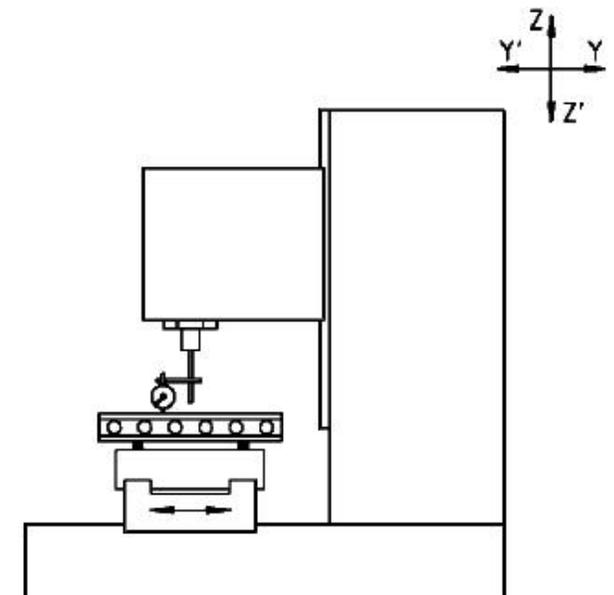
**Задача теста:** определить прямолинейность перемещения осей X и Y.

**Инструмент для проведения теста:** магнитный штатив, индикатор часового типа с ценой деления 1 мкм, поверочная линейка ШД 1500 класса 0.

**Краткая методика теста:** поверочная линейка устанавливается на стол станка через опоры – КМД, таким образом, чтобы показания индикатора, установленного на шпинделе, были одинаковыми в крайних точках длины линейки.

Перемещаем шпиндель с индикатором вдоль линейки, записывая результаты измерений с шагом перемещения 500 мм вдоль оси X и 440 мм вдоль оси Y.

Подробная методика описана в ГОСТ 18101-85, п. 1.2.3, ГОСТ 22267-76, п.3.2.2





## 3. Тест прямолинейности перемещения осей

**Результаты теста:** по результатам измерений вдоль оси X алгебраическая разность составляет 10 мкм, вдоль оси Y алгебраическая разность составляет 20 мкм при допуске 20 мкм для данного размера стола и класса точности станка. Прямолинейность перемещений осей X и Y в допуске.

**Эффект, оказываемый на процесс обработки:** вносимая погрешность составит до 10 мкм по плоскостности обработки вдоль оси X и до 20 мкм по плоскостности вдоль оси Y.





## 3. Тест прямолинейности перемещения осей

Результаты замеров отклонений прямолинейности перемещения оси X, мкм

X, мм

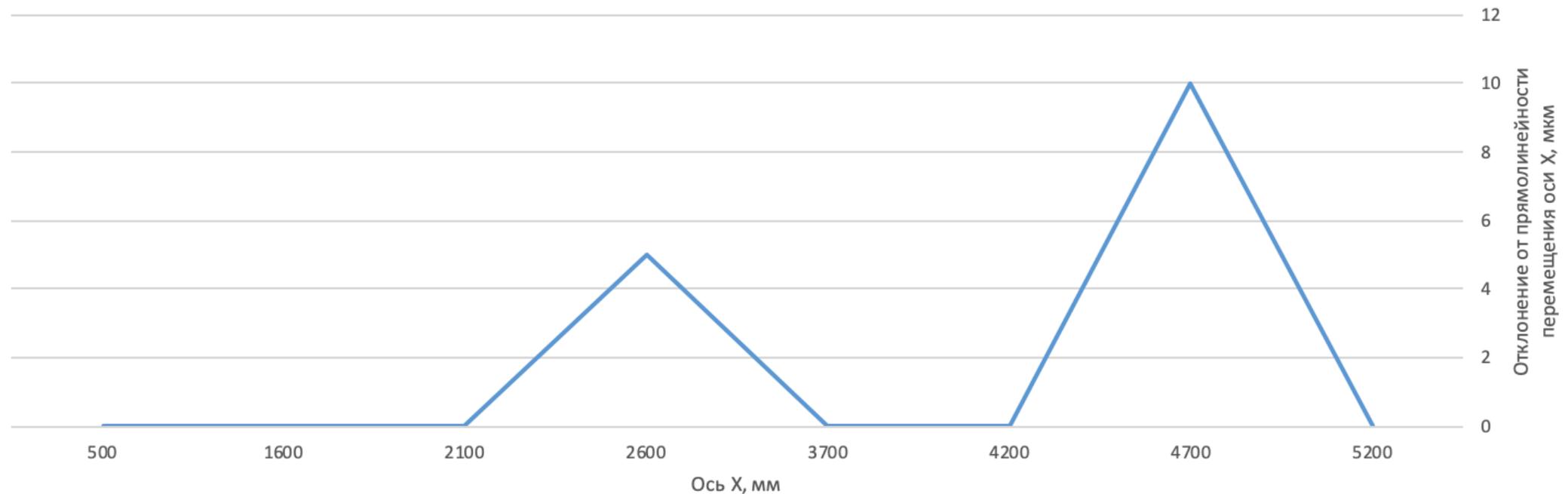


500	1600	2100	2600	3700	4200	4700	5200
0	0	0	5	0	0	10	0



## 3. Тест прямолинейности перемещения осей

Визуальное представление измерений перемещения оси X





## 3. Тест прямолинейности перемещения осей

Результаты замеров отклонений прямолинейности перемещения оси Y, мкм

Y, мм

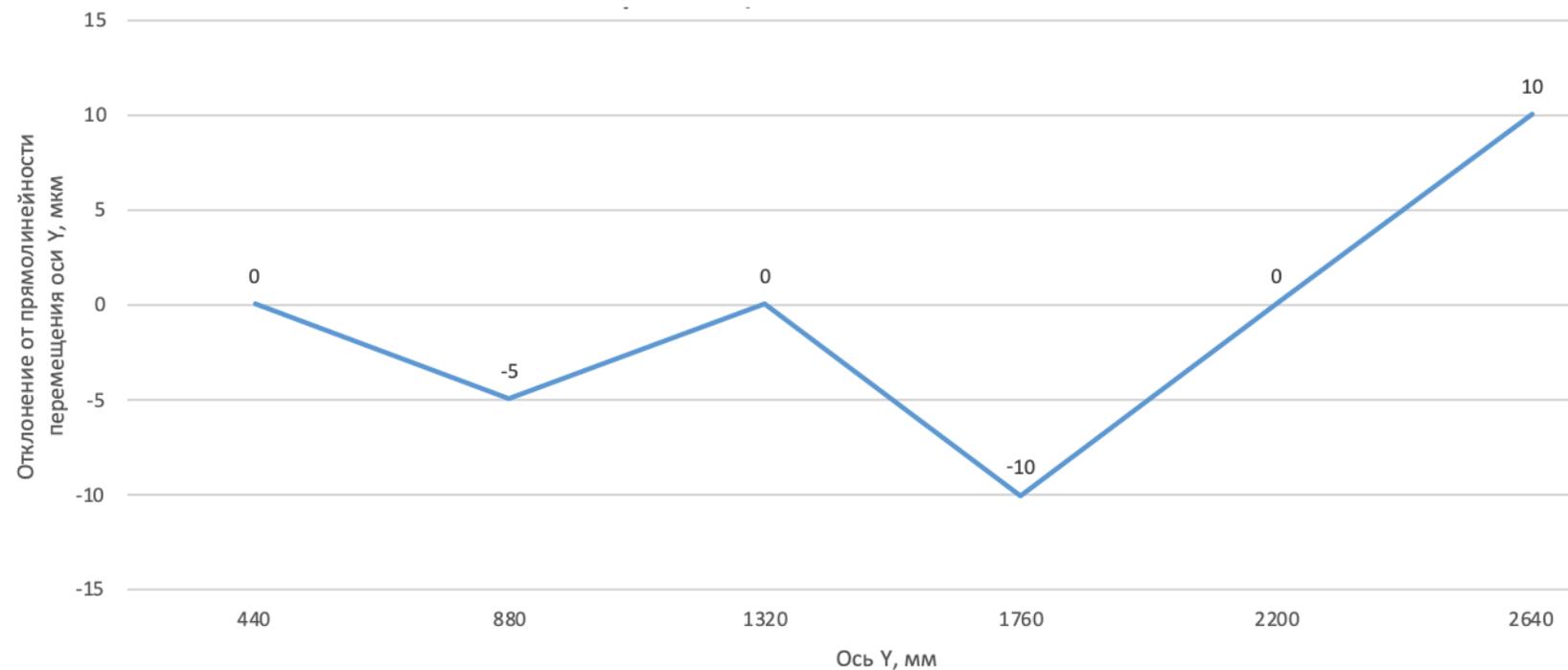


440	880	1320	1760	2200	2640
0	-5	0	-10	0	10



## 3. Тест прямолинейности перемещения осей

Визуальное представление измерений перемещения оси Y





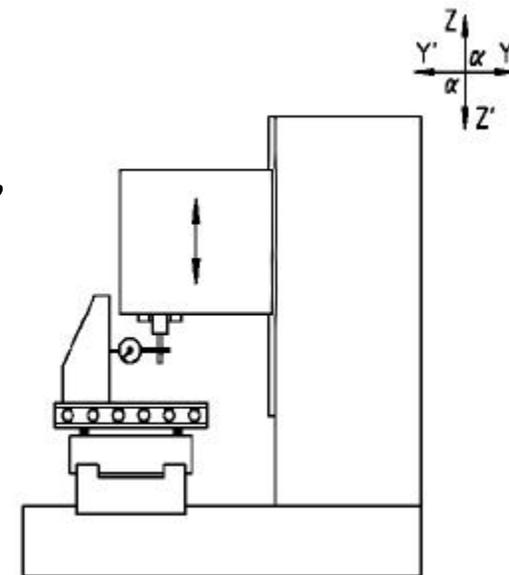
## 4. Тест перпендикулярности осей

**Задача теста:** определить перпендикулярность оси X к оси Z и оси Y к оси Z

**Инструмент для проведения теста:** магнитный штатив, индикатор часового типа с ценой деления 1 мкм, поверочный квадрат 500 x 500 мм.

**Краткая методика теста:** поверочный квадрат устанавливается на стол станка через опоры – КМД, таким образом, чтобы показания индикатора, установленного на шпинделе, были одинаковыми в крайних точках стороны квадрата параллельной плоскости стола. Перемещаем шпиндель с индикатором вдоль горизонтальной стороны квадрата, фиксируем максимальную разность показаний индикатора. Аналогично проводим измерения вдоль вертикальной стороны квадрата.

Подробная методика описана в ГОСТ 18101-85, п. 1.2.13, ГОСТ 22267-76, п.8.2.2





## 4. Тест перпендикулярности осей

**Результаты теста:** по результатам измерений в плоскости XZ алгебраическая разность отклонений от перпендикулярности составляет 3 мкм на 500 мм или  $0^{\circ} 0' 1''$ , в плоскости YZ алгебраическая разность отклонений от перпендикулярности составляет 3 мкм на 500 мм или  $0^{\circ} 0' 1''$ , при допуске 16 мкм для данного размера стола и класса точности станка.  
Перпендикулярность осей XZ и YZ в допуске.

**Эффект, оказываемый на процесс обработки:** вносимая погрешность составит до 3 мкм на 500 мм длины или  $0^{\circ} 0' 1''$ , при обработке взаимно перпендикулярных плоскостей .



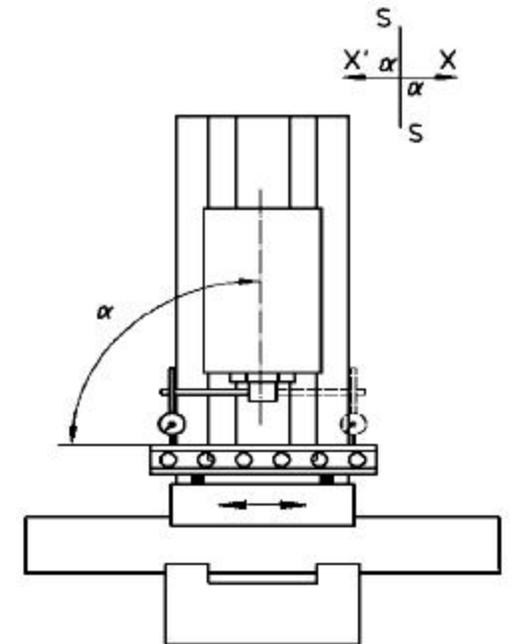


## 5. Тест перпендикулярности оси шпинделя

**Задача теста:** определить перпендикулярность оси вращения шпинделя к плоскости стола.

**Инструмент для проведения теста:** коленчатый штатив, индикатор часового типа с ценой деления 1 мкм, поверочная линейка ШД 1500 класса 0.

**Краткая методика теста:** оправка с коленчатым штативом и индикатором устанавливается в шпиндель так, чтобы измерительный щуп индикатора находился на расстоянии 150 мм от оси вращения шпинделя. На стол устанавливается линейка параллельно оси X, к ее рабочей поверхности подводится индикатор, так, чтобы ось вращения шпинделя находилась над линейкой, записывается значение, вал шпинделя с оправкой поворачивается на 180, записывается значение. Аналогично проводятся измерения для оси Y.





## 5. Тест перпендикулярности оси шпинделя

**Результаты теста:** по результатам измерений вдоль оси X алгебраическая разность составляет 7 мкм, вдоль оси Y алгебраическая разность составляет 20 мкм при допуске 12 мкм для данного размера стола и класса точности станка. Перпендикулярность оси вращения шпинделя вне допуска.

**Эффект, оказываемый на процесс обработки:** данное отклонение приводит к ступенчатости при торцевой обработке и отклонению от цилиндричности при расточке отверстий.

**Рекомендации:**

– Регулировка установки сменного шпинделя





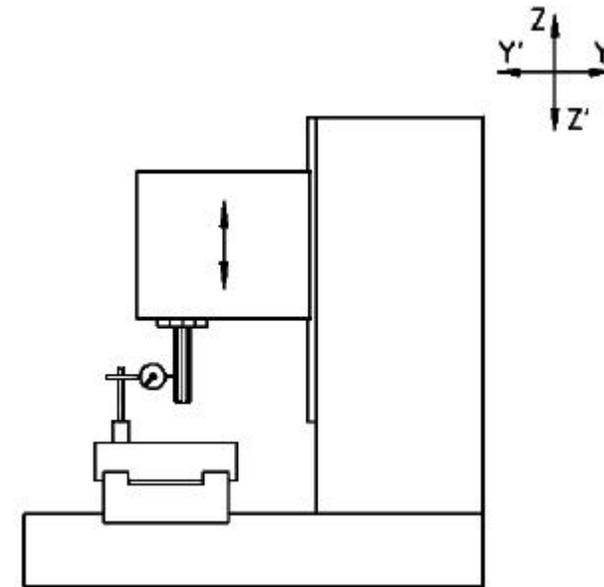
## 6. Тест параллельности оси шпинделя

**Задача теста:** определить параллельность оси шпинделя направлению перемещения шпиндельной бабки.

**Инструмент для проведения теста:** магнитный штатив, индикатор часового типа с ценой деления 1 мкм, контрольная оправка SK50 L=300 мм.

**Краткая методика теста:** контрольная оправка устанавливается в шпиндель, магнитный штатив с индикатором устанавливается на неподвижную часть станка, так, чтобы индикатор касался контрольной оправки. Движением оси Z шпиндель перемещается на длину оправки, записывается наибольшая алгебраическая разность показаний индикатора.

Подробная методика описана в ГОСТ 18101-85, п. 1.2.24, ГОСТ 22267-76, п.6.2.6





## 6. Тест параллельности оси шпинделя

**Результаты теста:** по результатам измерений вдоль оси X алгебраическая разность составляет 5 мкм, вдоль оси Y алгебраическая разность составляет 5 мкм при допуске 12 мкм для данного размера стола и класса точности станка. Параллельность оси вращения шпинделя направлению оси перемещения шпиндельной бабки в допуске.

**Эффект, оказываемый на процесс обработки:** данное отклонение приводит к ступенчатости при торцевой обработке и отклонению от цилиндричности при расточке отверстий.





## 7. Тест геометрии системой RENISHAW ballbar

Инструмент для проведения теста : Renishaw QC10

Набор тестов:

1. Круговой тест в плоскости XY
2. Полукруговой тест в плоскости XZ
3. Полукруговой тест в плоскости YZ

**Краткое описание системы:** Renishaw QC10 –прецизионный телескопический линейный датчик с высокоточными сферами, установленными по обоим его концам; два магнитных держателя , один из которых крепится на столе станка, а другой – в шпиндель станка или на корпус шпинделя. Система осуществляет круговые перемещения шпинделя, измеряя отклонения от идеальной окружности.



## 7. Тест геометрии системой RENISHAW ballbar

Для более полного понимания результатов измерений будет полезно ознакомиться со следующими терминами, которые будут использоваться далее.

- **Люфт** – показывает наличие и величину зазора в ШВП.
- **Выброс обратного хода** – показывает задержку перемещения при смене направления движения оси.
- **Боковой люфт** – показывает зазор между кареткой и направляющей.
- **Циклическая ошибка** – показывает неравномерности движения ШВП и дефекты профиля винта.
- **Рассогласование шкал** – показывает отклонение от синхронного перемещения осей.
- **Окружность наилучшего соответствия** – представляет собой окружность, которая оптимальным образом проходит через точки, соответствующие зарегистрированным датчиком данным.



## 7. Тест геометрии системой RENISHAW ballbar

- **Отклонение от круглости** – разность между максимальным и минимальным показанием датчика системы.
- **Допуск на точность позиционирования**– показывает оценку точности позиционирования станка в плоскости по двум осям. Эта величина может быть непосредственно сопоставлена с допуском на точность позиционирования, указанным в технических чертежах и, следовательно, позволяет оценить, можно ли на данном станке обрабатывать детали с допусками, указанными в чертежах.

**Примечание:** измерения проводились с учетом компенсации «s» и реальное состояние механической системы может отличаться в худшую сторону.

### **Рекомендации:**

- Настройка коэффициентов усиления приводов осей (рассогласование шкал);
- Регулировка кареток направляющих осей (боковой люфт).
- Инспекция ШВП осей Y, Z с последующей заменой.
- Инспекция реечных передач оси X с последующей заменой.

# 1. Круговой тест в плоскости XY



ШПИНДЕЛЬСЕРВИС

Люфт (мкм)

X ▶ -1,1 ◀ 0,3

Y ▲ -0,2 ▼ -2,5

Выбросы обратного хода (мкм)

X ▶ -1,1 ◀ -3,3

Y ▲ -6,2 ▼ -4,9

Боковой люфт (мкм)

X ▶ 0,9 ◀ -0,4

Y ▲ -0,4 ▼ 1,2

Циклическая ошибка (мкм)

X ↑ 0,3 ↓ 0,7

Y ↑ 1,1 ↓ 0,1

Другие значения

Рассогласование приводов 0,04мс

Отклонение от перпендикулярности -37,4мкм/м

Отклонение от прямолинейности X 0,6мкм

Отклонение от прямолинейности Y -3,3мкм

Рассогласование шкал X 121,7ppm

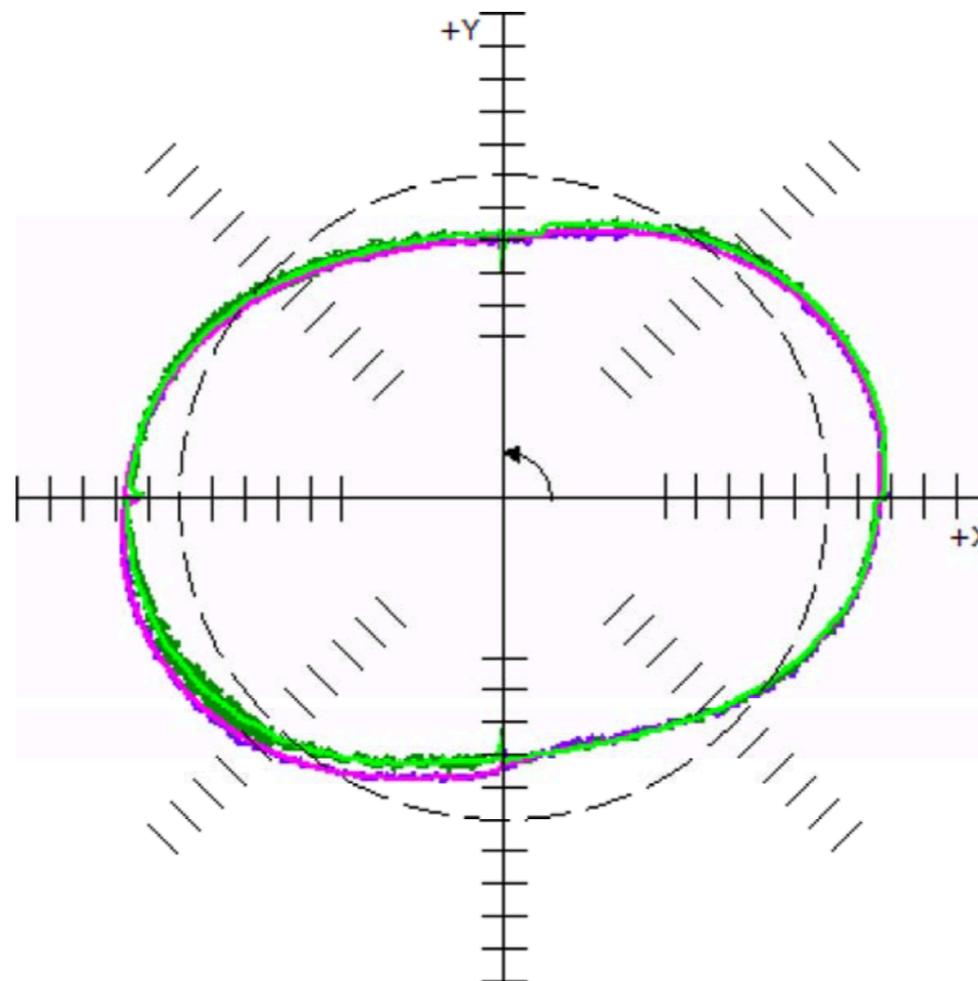
Рассогласование шкал Y 3,3ppm

Допуск на точность позиционирования 153,1мкм

Радиус наилучшего соответствия 300,0188мм

Отклонение от круглости 49,0мкм

-  Проход 1
-  Проход 2
-  Расчет 1
-  Расчет 2



10,0мкм/дел.

## 2. Полуциркулой тест в плоскости XZ



ШПИНДЕЛЬСЕРВИС

### Отклонение от окружности с учетом двух направлений

Значение 16,3мкм

### Параметры теста

Радиус 300,0000мм

Скорость подачи 1000,0мм/мин

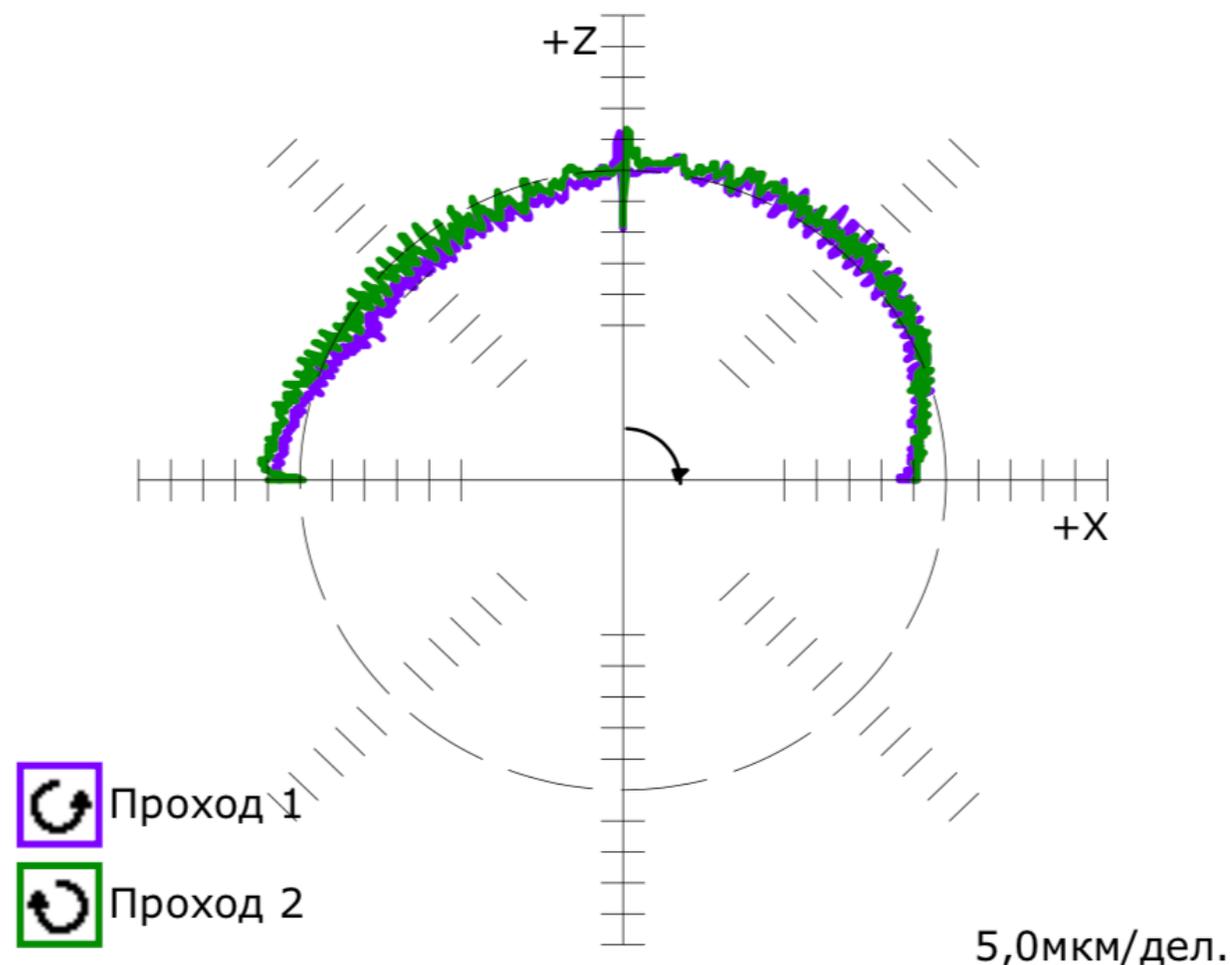
Порядок проходов ПО ЧС ПРОТИВ ЧС

Плоскость теста ZX

Тестируемая область Д4

Начальный угол теста 270°

Конечный угол теста 90°



### 3. Полуциркулярный тест в плоскости YZ



ШПИНДЕЛЬСЕРВИС

#### Отклонение от окружности с учетом двух направлений

Значение 22,5мкм

#### Параметры теста

Радиус 300,0000мм

Скорость подачи 1000,0мм/мин

Порядок проходов ПРОТИВ ЧС ПО

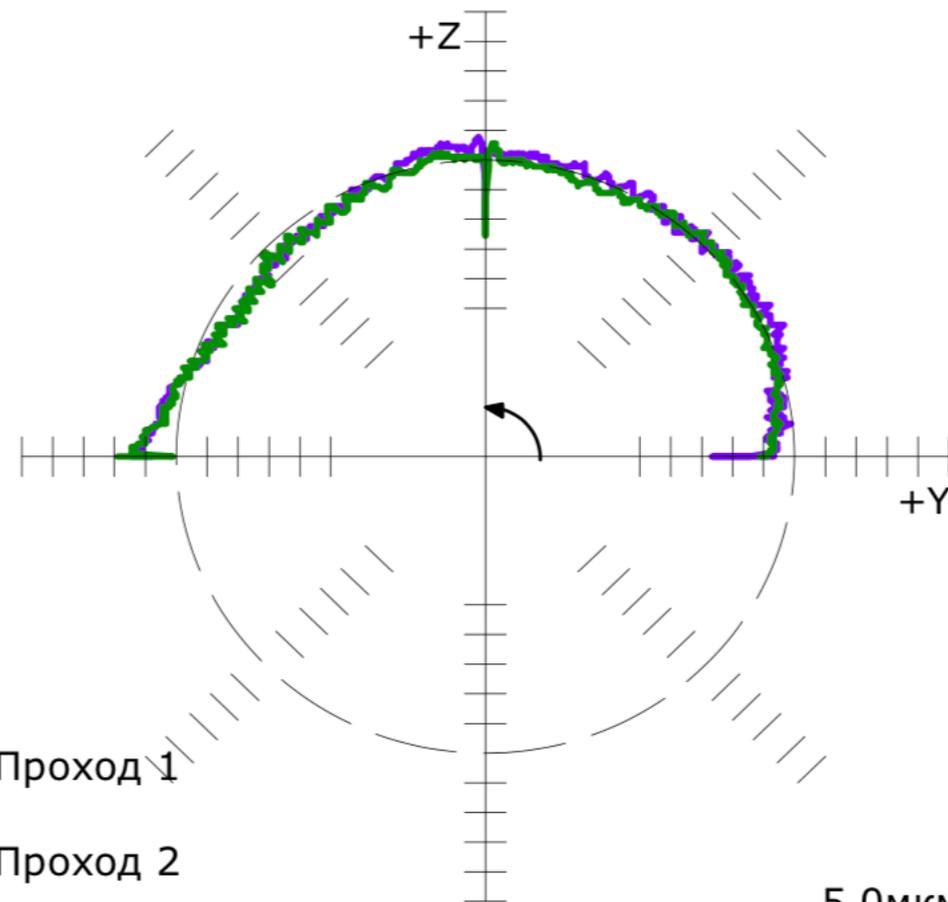
ЧС

Плоскость теста YZ

Тестируемая область Д4

Начальный угол теста 0°

Конечный угол теста 180°



 Проход 1

 Проход 2

5,0мм/дел.



## 8. Тест общего состояния шпинделей

**Задача теста:** определить геометрическую точность шпинделя, усилие зажима инструмента, состояние подшипников, динамическую сбалансированность шпинделя.

**Инструмент для проведения теста:** магнитный штатив, индикатор часового типа с ценой деления 1 мкм, контрольная оправка SK50 L=300 мм, виброанализатор, прибор контроля усилия зажима инструмента.

**Краткая методика теста:** геометрическая точность определяется радиальным биением конуса шпинделя и установленной в него контрольной оправки. Усилие зажима определяется специальным измерительным прибором. Состояние подшипников и динамическая сбалансированность шпинделя определяется по уровню виброскорости, измеренной виброанализатором.



## 8. Тест общего состояния шпинделей

### 1. «Прямой» шпиндель

Тест	Измеренное значение	Допуск	Тест пройден
Биение конуса	2 мкм	$\leq 4$ мкм	✓
Биение контрольной оправки на L=50 мм	3 мкм	$\leq 10$ мкм	✓
Биение контрольной оправки на L=300 мм	6 мкм	$\leq 20$ мкм	✓
Усилие зажима инструмента	18,6 кН	20 кН +/- 10%	✓
Виброскорость при n=3000 об/мин	0,8 мм/с	0,3 мм/с	✗
Температура шпинделя	30 °C	45 °C	✓



## 8. Тест общего состояния шпинделей

### 2. «Угловой» шпиндель

Тест	Измеренное значение	Допуск	Тест пройден
Биение конуса	8 мкм	$\leq 4$ мкм	✗
Биение контрольной оправки на L=50 мм	5 мкм	$\leq 10$ мкм	✓
Биение контрольной оправки на L=300 мм	25 мкм	$\leq 20$ мкм	✗
Усилие зажима инструмента	14,0 кН	20 кН +/- 10%	✗
Виброскорость при n=3000 об/мин	0,5 мм/с	0,3 мм/с	✗
Температура шпинделя	30 °C	45 °C	✓



## 8. Тест общего состояния шпинделей

Рекомендации:

– Ремонт углового шпинделя.