

# Системы для проверки точности и калибровки станков и координатно-измерительных машин



**Лазерный интерферометр XL-80**  
Лазерная система для калибровки станков и КИМ



# Метрология - это наше дело



## Миссия Renishaw

Renishaw разрабатывает, изготавливает и поставляет метрологическое оборудование высочайшего качества и производительности, что позволяет пользователям по всему миру выполнять прецизионные линейные и угловые измерения в соответствии с различными международными стандартами.

Предлагаемая нами продукция повышает качество и производительность, и мы стремимся ко всестороннему удовлетворению потребностей клиентов за счет высокого качества их обслуживания.

Мы видим свою цель в том, чтобы внедрять в производство самые передовые технологии и доводить свои инновационные разработки до стадии решения конкретных производственных задач. Мы стремимся к постоянному

Имея за плечами 35-летний опыт успешной работы в области промышленной метрологии, Renishaw заслужила всемирную известность как компания, выпускающая прецизионные измерительные системы. Начиная с контактных датчиков и заканчивая сложными рамановскими микроскопами-спектрометрами, Renishaw предлагает эффективные решения реальных производственных проблем.

## В соответствии с требованиями, предъявляемыми современной промышленностью

Современное производство предъявляет все более и более жесткие требования к точности изготовления деталей в соответствии международными стандартами качества, в связи с чем точностным характеристикам обрабатываемого оборудования уделяется как никогда много внимания. Стремясь удовлетворить спрос на средства диагностики и контроля состояния производственного оборудования, компания Renishaw разработала измерительные системы специально для проверки, мониторинга и улучшения технических характеристик промышленного оборудования. Эти системы созданы на базе самых последних достижений в области механики, электроники и оптики и сочетают в себе такие достоинства как простота использования, универсальность и портативность.

Системы, которые ранее предназначались только для исследовательских и метрологических лабораторий, теперь широко используются непосредственно в производственных условиях.

## Промышленный стандарт

Измерительные системы Renishaw приняты во всем мире в качестве отраслевого стандарта по контролю эксплуатационных характеристик оборудования.

## Обслуживание после продажи

Компанией Renishaw организована сеть дочерних компаний, отвечающих за обслуживание основных рынков сбыта. В остальных регионах услуги компании предоставляются через уполномоченных представителей Renishaw. Техническое обслуживание после продажи, обеспечиваемое дочерними компаниями и представителями Renishaw, включает в себя обучение, сервисное обслуживание, ремонт и повторную калибровку измерительных систем.

развитию, основой которого являются постоянные инвестиции в разработку новых видов продукции и освоение новых технологий производства. Для компании Renishaw чрезвычайно важно быть лидером и партнером не только на профессиональном поприще, но и в общественной жизни.

Мы стремимся к достижению наших целей, проявляя максимум внимания к нуждам наших клиентов и партнеров и строя все взаимоотношения на открытой и честной основе. Renishaw — компания, проявляющая заботу о природе и организующая свое производство с соблюдением всех норм по ее охране. Мы прилагаем все усилия для того, чтобы наша деятельность наносила минимальный вред окружающей среде.

# Контроль технического состояния промышленного оборудования

## Система лазерного интерферометра XL-80

XL-80 используется для всеобъемлющей проверки точности станков, КИМ и других систем.

### Факты говорят сами за себя...

- **Самая точная для своего класса измерительных приборов система** – точность системы составляет  $\pm 0,5 \mu\text{m}$  во всем рабочем диапазоне температур, который составляет 0 – 40 °С. Такую стандартную точность не может обеспечить НИ ОДНА из измерительных систем, выпускаемых другими производителями.
- **Интерферометрические системы обеспечивают единообразие измерений** - все измерения, выполненные с помощью лазерной измерительной системы Renishaw, включая угловые измерения и измерения отклонения от прямолинейности, имеют интерферометрическую природу и, таким образом, их результаты базируются на известной длине волны лазерного излучения, проверка которой выполняется в соответствии с международным стандартом длины.



Лазерная головка XL-80 на штативе



Проверка токарного станка

- **Быстрая и безопасная юстировка оптической схемы с помощью лазера, установленного на штативе** оператор выполняет все операции по юстировке интерферометра, находясь за пределами рабочей зоны станка. Измерения не ограничивают перемещения вдоль осей станка. Нагрузки, вызываемые перемещением кабеля не оказывают воздействия на результаты измерений.
- **Оптические элементы интерферометра специально разработаны для использования в цеховых условиях** все оптические элементы находятся внутри корпусов, изготовленных из твердого анодированного алюминия, благодаря чему они долговечны, имеют малую массу и приходят в тепловое равновесие с окружающей средой в 10 раз быстрее, чем оптические элементы внутри стальных корпусов.
- **Измерения в большом диапазоне перемещений** линейные измерения могут выполняться вдоль осей длиной до 80 м, причем измерения вдоль параллельных осей станков с двойным приводом можно производить **ОДНОВРЕМЕННО**.
- **Калибровка поворотных осей** – использование лазерного интерферометра XL-80 в комбинации с поворотным устройством RX10 дает уникальную возможность осуществлять **ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЧЕСКУЮ** калибровку поворотных осей станков и координатно-измерительных машин.
- **Инновационные разработки в области программного обеспечения для автоматической компенсации ошибок станка** - имеются пакеты программ для автоматической компенсации ошибок линейного позиционирования вдоль оси, совместимые с большинством систем ЧПУ.
- **Динамический анализ** – анализ вибраций, временной зависимости скорости и ускорения подвижного элемента дает полную картину реальных динамических характеристик оборудования.

## Соответствие требованиям международных стандартов:

В связи с тем что обрабатывающая промышленность постоянно развивается, чрезвычайно важно, чтобы и сами измерения и интерпретация их результатов осуществлялись в соответствии с общепризнанными стандартами.

Принимая во внимание это требование, компания Renishaw разработала свой лазерный интерферометр таким образом, что сбор данных и их анализ можно производить в соответствии как с национальными, так и с международными стандартами.

Следует иметь в виду, что отдельные измерения, такие как измерение диагонали, могут дать важную информацию об изменениях точностных характеристик Вашего оборудования, но только измерение каждого параметра и комплексная проверка каждой оси позволят полностью разобраться с характером возникших изменений и их причиной.



# Компоненты системы XL-80

Основу новой системы составляют **компактная лазерная головка (XL-80) и независимый блок компенсации (XC-80)**



Лазерная головка XL-80

Малые габариты лазера XL-80 и блока компенсации XC-80 означают, что теперь вся система (исключая штатив) может быть полностью упакована в портативный «чемодан на колесиках». Вся система для линейных измерений в комплекте, помещенная в чемодан, весит около 12 кг. Даже вместе с дополнительной оптикой для угловых измерений, принадлежностями и комплектом Renishaw QC10 ballbar (см. стр. 26) вес составляет чуть более 16 кг – исключительно мобильная система «проверь и скорректируй», далеко превосходящая системы других производителей.

## Лазер XL-80

Лазер XL-80 генерирует исключительно стабильный лазерный пучок, с длиной волны, поверка которой обеспечивает прослеживаемое соответствие национальным Британским и международным стандартам.

Стабильность частоты лазера составляет  $\pm 0,05$  ppm в течение 1 года и  $\pm 0,02$  ppm в течение 1 часа. Такие превосходные характеристики достигаются благодаря термическому контролю длины трубки лазера в пределах нескольких нанометров.

Гарантированная точность линейных измерений составляет  $\pm 0,5$  ppm, в пределах всего диапазона условий окружающей среды: 0 - 40 °C и 650 – 1150 мбар. Данные снимаются с частотой 50 кГц при максимально допустимой скорости линейных измерений 4 м/с и линейном разрешении 1 нм.

Поскольку в системе XL в качестве базы для всех функций измерения (не только линейных) используется интерферометрическая схема, можно быть абсолютно уверенным в точности всех сделанных измерений.

Благодаря наличию встроенного USB-порта отпадает необходимость в отдельном интерфейсе лазер-ПК. Кроме того, в стандартной поставке в лазере предусмотрен вспомогательный аналоговый выход; в качестве дополнительной опции возможно наличие квадратурного выхода. На тот же разъем может подаваться входной сигнал запуска для синхронизации сбора данных.

Светодиодные индикаторы, отображающие состояние лазера и интенсивность сигнала, обеспечивают резервную сигнализацию в дополнение к изображениям индикаторов на экране, создаваемым специальным ПО.

В сочетании с переключаемым широким диапазоном действия (40-80 м) и временем прогрева менее 6 минут все эти характеристики обеспечивают скорость и удобство при эксплуатации системы XL-80.

Внешний источник питания с автонастройкой позволяет работать с входным напряжением в диапазоне от 90 до 264 В.





## Блок компенсации XC-80 и датчики

Блок компенсации XC-80 является ключевым узлом в обеспечении точности измерений системой XL. В блоке компенсации предусмотрены «умные датчики», обрабатывающие абсолютные показания, что позволяет очень точно измерять температуру, давление и относительную влажность воздуха.

После этого в блоке компенсации происходит пересчет длины волны для получения ее действительного значения, используемого при расчетах; тем самым обеспечивается устранение практически всех ошибок измерений, связанных с колебаниями этих параметров. Эта процедура может выполняться автоматически каждые 7 секунд, что отображается светодиодными индикаторами состояния на блоке XC-80.

Каждый датчик как бы «выключается» в период между измерениями в целях сведения к минимуму рассеяния тепла.

Аналогично лазеру XL-80, блок компенсации напрямую соединен с компьютером посредством USB-порта, через который также подается питание на XC-блок (дополнительный блок питания не требуется).

Блок XC-80 весит всего 550 г, а вместе с системой XL-80 вес составляет чуть более 3 кг (включая соединительные кабели, источник питания для блока XL и датчики).

Датчики температуры воздуха и материала относятся к типу «умных» приборов. Встроенные микропроцессоры выполняют анализ и обработку выходного сигнала датчиков, а затем передают преобразованные в цифровой вид значения температуры на блок компенсации XC-80. Тем самым достигается более высокая надежность измерений, а кроме того, такое решение является принципиальным для обеспечения компактности блока XC-80.

К блоку компенсации XC-80 может подключаться до трех датчиков температуры материала, что позволяет приводить результаты линейных измерений к стандартной температуре материала 20 °С.

Кабели датчиков имеют длину 5 м и являются съемными, что облегчает их замену в случае повреждения. В случае станков с большой длиной можно удлинить кабели, соединив их друг с другом.

## XL-80 Характеристики системы

Диапазон линейных измерений	0 - 80 м
Точность линейных измерений	±0,5 ppm
Стабильность частоты лазерного излучения	±0,05 ppm
Разрешение	1 нм
Максимальная скорость перемещения	4 м/с
Частота дискретизации при сборе динамических данных	10 Гц – 50 кГц
Время прогрева	< 6 минут
Диапазон соблюдения указанной точности	0 °С - 40 °С
Диапазон температуры хранения	от -25 °С до 70 °С

### Комплект поставки лазерной системы XL:

- Лазерный блок XL
- Кабель USB
- Источник питания и кабели
- Руководство по эксплуатации (на компакт-диске)



Блок компенсации XC-80 и датчики

Конструкция XC-80 и датчиков обеспечивает исключительно точное считывание показаний во всем диапазоне условий эксплуатации.

## Блок компенсации изменения параметров окружающей среды XC-80

Габариты	130 мм x Ø 52 мм
Вес	490 г
Источник питания	Питание от компьютера через USB-порт
Внутренние датчики	Давления воздуха Относительной влажности
Дистанционные датчики	температуры воздуха - 1 температуры материала – 1-3
Интерфейс	Отсутствует. Прямое подключение в ПК через USB порт

### Комплект поставки системы компенсации XC:

- Блок компенсации XC
- Комплект датчиков температуры воздуха
- Комплект датчиков температуры материала
- Кабель USB
- Руководство по эксплуатации (на компакт-диске)

## Датчики измерения параметров окружающей среды

	Диапазон	Точность
Температура материала	0 °С - 55 °С	±0,1 °С
Температура воздуха	0 °С - 40 °С	±0,2 °С
Давление воздуха	650 - 1150 мбар	±1 мбар
Относительная влажность воздуха, %	0 – 95% (без конденсации)	6% отн. влажности

## Штатив с платформой



XL-80 со штативом и чехлом штатива

Для юстировки лазерного пучка относительно измеряемой оси используется платформа (за исключением тех случаев, когда лазер встраивается в испытательный стенд).

При помощи платформы возможно осуществление как линейной, так и угловой юстировки. Специальная защелка обеспечивает надежное крепление платформы к штативу или магнитной опоре.

При калибровке КИМ размеры XL-80 и оптических элементов позволяют закреплять XL-80 прямо на столе КИМ без использования платформы.



XL-80 на магнитной опоре

## Универсальный штатив

Габариты (с выступом) в сложенном состоянии	Ø16 см x 64 см
вес	3,9 кг
Диапазон рабочих высот (относительно выходного лазерного пучка)	Мин.: 54 см Макс: 156 см (с вытянутой вверх стойкой)
Чехол для штатива	Сумка из усиленного нейлона
Габариты	67 см × 17 см × 17 см

## Чемодан



В чемодан для базовой системы полностью помещается система для линейных и угловых измерений



Чемоданы с базовой (слева) и полной (справа) системами

	Чемодан типа 1 (базовая система)	Чемодан типа 2 (полная система)
--	----------------------------------	---------------------------------

Размеры чемодана (ДхВхГ)	560 мм × 351 мм × 229 мм	560 мм × 455 мм × 265 мм
Отсек для системы QC10 ballbar	Да	Да
Вес системы	12 – 17 кг	16 – 25 кг



Чемодан и чехол штатива

## Набор монтажных принадлежностей

Этот набор включает в себя приспособления для крепления оптических элементов на измеряемый объект. Эти приспособления позволяют осуществлять замену оптических элементов без необходимости последующей юстировки системы. Для достижения оптимального соотношения между весом и прочностью, монтажные блоки изготовлены из анодированного алюминия а монтажные болты и платы - из нержавеющей стали. Резьба M8 позволяет осуществлять крепление как на стандартные магнитные опоры, так и на шарниры Renishaw.



Набор монтажных принадлежностей

## Пакеты программного обеспечения (ПО)

**Мощное ПО и понятная, вместе с тем исчерпывающая документация являются ключом к использованию возможностей системы XL-80 в полной мере**

ПО LaserXL™ включает в себя модули для линейных, угловых измерений, а также измерений круговых перемещений, плоскостности, прямолинейности и перпендикулярности, кроме того, предусмотрены динамические измерения (см. ниже). Для пользования LaserXL™, QuickViewXL™ и руководством по системе можно выбрать английский или иной язык из имеющегося списка.

Стандартные функции отчетов соответствуют многим международным стандартам по проверке характеристик станков/машин, в частности, ISO, ASME, VDI, JIS и GB; помимо этого предусмотрен всесторонний анализ, разработанный компанией Renishaw.

Опция динамических измерений позволяет выполнять сбор данных при частотах от 10 Гц до 50 кГц (при 12 заранее заданных значениях) и обеспечивает выдачу данных по перемещению, скорости и ускорению. Имеется даже пакет для выполнения быстрого преобразования Фурье (БПФ) при частотном анализе.

Благодаря дополнительным пакетам для компенсации линейных погрешностей данные, получаемые в результате калибровки системой LaserXL™, могут быть использованы для получения значений компенсации, с последующим их вводом в ЧПУ станка. Это позволяет значительно повысить точность позиционирования станка. Разработанные в настоящее время программы компенсации совместимы со многими современными системами ЧПУ.

### ПО QuickViewXL™

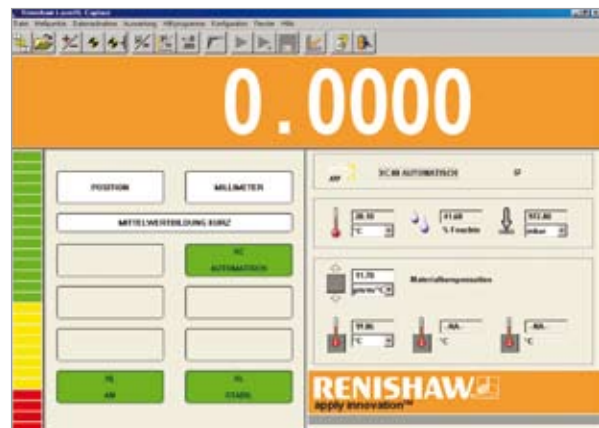
Этот пакет предназначен для отображения в реальном времени данных лазерных измерений в целях выполнения анализа перемещений, скорости и ускорения. ПО QuickViewXL™ является идеальным средством при исследованиях и разработках, поскольку он позволяет удобно и быстро вести исследовательский процесс и выполнять анализ и описание систем перемещения.

Оба пакета ПО совместимы с операционными системами Windows® XP (SP2) и Vista® (только 32-бит)

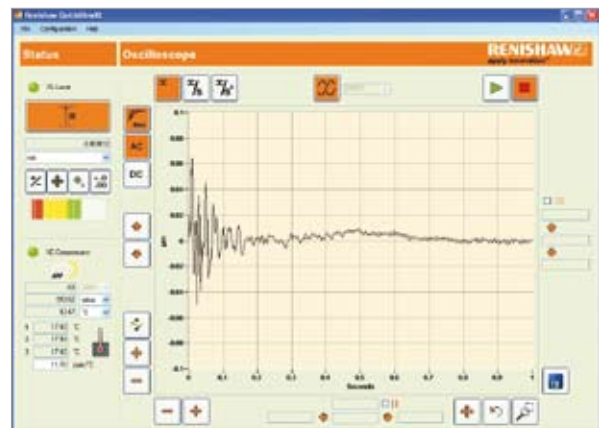
Правильный выбор системных характеристик компьютера является совершенно обязательным условием для достижения должной эффективности работы системы. Для получения самой свежей информации следует обращаться к компании Renishaw

## Документация

В комплекте поставки каждой лазерной системы предусмотрено руководство по эксплуатации системы на компакт-диске. Это руководство содержит описание и иллюстрации процедур настройки для каждого измерения, а также советы по проведению калибровки и сведения по анализу. Пакет с руководством может быть установлен на компьютер с непосредственным доступом к нему при нажатии кнопки Справка в ПО или же использоваться для справок в автономном режиме.



Сбор данных при помощи ПО LaserXL™



ПО QuickViewXL™




ПО на компакт-диске



## Простота эксплуатации



### Лазерная головка XL-80

Размеры	214 x 120 x 70 мм
Масса	1,85 кг
Напряжение питания	Автоматическое определение напряжения питания: 90 - 264 В переменного тока (номинально), частота 50 - 60 Гц
Режимы измерений	Линейные измерения Угловые измерения Проверка прямолинейности Проверка поворотных осей Измерения плоскостности Проверка взаимной перпендикулярности осей
Мощность лазерного излучения	<1 мВт 
Интерфейс	Отсутствует. Прямое подключение к ПК через USB
Триггерный сигнал	Да
Аналоговый выходной сигнал	±5 В
Индикация интенсивности сигнала	Да

### Простая и быстрая установка сокращает простой

- Переход в рабочий режим менее, чем за 6 минут
- Лазер может быть помещен в чемодан будучи закрепленным на платформе
- Защелка для крепления лазера на штативе или магнитной опоре
- XL-80 и XC-80 подключаются к компьютеру напрямую через USB порт
- Напряжение питания подается к XC-80 непосредственно по USB кабелю. Дополнительный источник питания не нужен.

### Универсальность

- Переключение между коротким (40м) и длинным (80м) диапазоном измерений
- Возможность использования одного и того же разъема для снятия аналогового выходного сигнала ±5В, цифрового прямоугольного выходного сигнала или для подачи тактового сигнала
- Светодиоды для индикации состояния лазера и силы сигнала
- Возможность использования компьютерной мышки для подачи тактового сигнала при измерениях

Высокие требования, предъявляемые к современным КИМ и станкам, а так же применение лазерных интерферометров в новых областях промышленности, таких как приводная техника, повышают требования к метрологическому оборудованию.

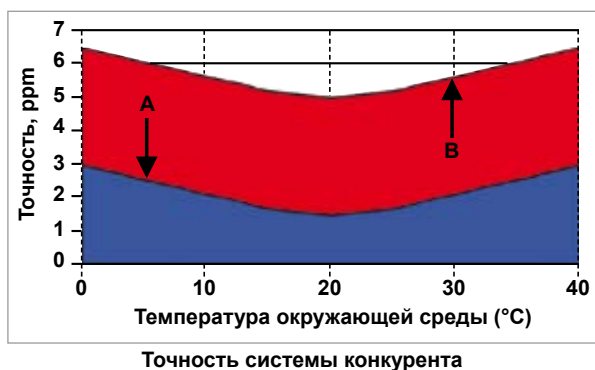
- Точность ± 0,5 мкм/м
- Расчет параметров компенсации изменения условий окружающей среды каждые 7 сек.
- Скорость подачи до 4 м/с
- Разрешающая способность 1 нм
- Тактовая частота динамических измерений 50 кГц
- Диапазон измерений 80м

## Неточная компенсация воздействия изменения условий окружающей среды на длину лазерной волны приводит к ошибке измерений в 40 - 50 нм/м

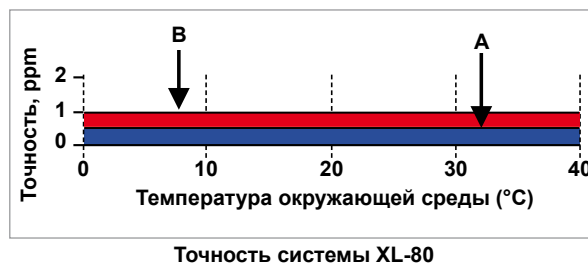
Датчики применяемые в XC-80 обеспечивают точность во всем специфицированном диапазоне условий эксплуатации. Благодаря этому мы гарантируем точность системы ±0,5 мкм/м во всем температурном диапазоне 0 °С - 40 °С и при любом давлении воздуха в диапазоне 1013 мбар<sup>+40 мбар</sup> - 100 мбар<sup>-</sup>.

Графики внизу демонстрируют соотношение точности системы Renishaw и системы конкурента.

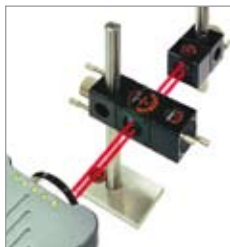
(См. Спецификацию на стр.7)



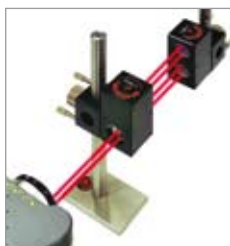
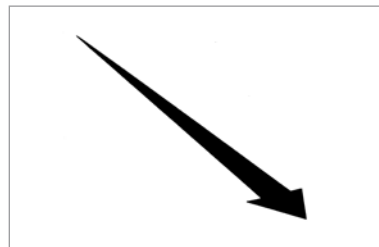
- A: С учетом компенсации температуры материала
- B: Без учета компенсации температуры материала



## Режимы измерений



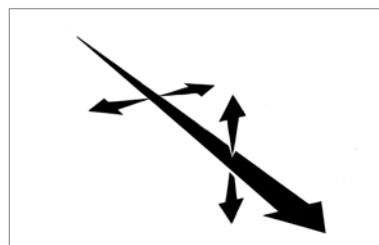
**Измерение точности  
линейного позиционирования  
и повторяемости вдоль одной  
из осей**



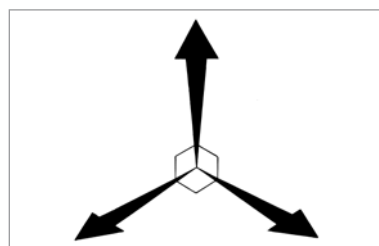
**Угловые измерения:  
отклонения оси от  
прямолинейности по углам  
рысканья и тангажа**



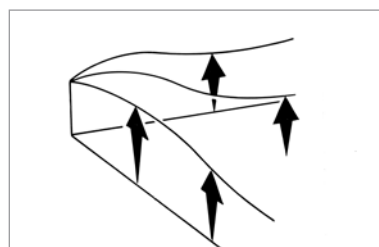
**Проверка прямолинейности**



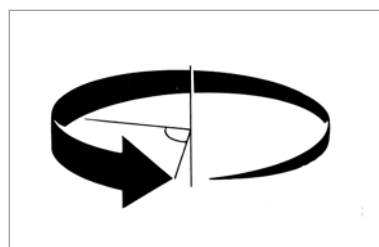
**Проверка взаимной  
перпендикулярности осей**



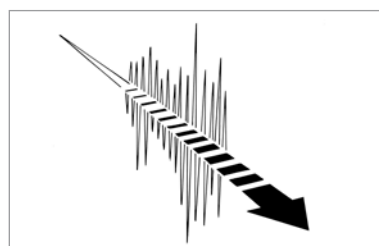
**Проверка плоскостности  
поверхности**



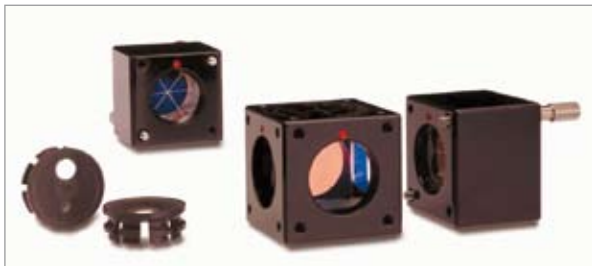
**Измерение точности углового  
позиционирования поворотной  
оси/стола**



**Измерение динамических  
характеристик**



# Линейные измерения



Оптика для линейных измерений



Ретро-рефлектор и перископ для измерений на больших расстояниях



Для проверки станков/КИМ с парными или сдвоенными приводами подключите к компьютеру два лазерных измерительных блока и запустите программу DUAL AXIS SOFTWARE.

Это наиболее распространенный тип измерений, выполняемых на станках и координатно-измерительных машинах.

Лазерная интерферометрическая система позволяет определять точность линейного позиционирования и повторяемость станка путем сравнения координаты перемещения, определенной системой измерения станка, с фактическим перемещением, измеренным с помощью лазерного интерферометра. Затем полученные значения можно просмотреть, распечатать и с помощью программы, входящей в состав программного обеспечения интерферометра, подвергнуть статистическому анализу в соответствии с требованиями национальных и международных стандартов. На многих современных станках также можно выполнить следующий шаг, а именно автоматически загрузить измеренные значения в таблицу компенсации системы ЧПУ. Таким образом можно легко и быстро произвести поверку и существенное улучшение точности позиционирования станка.

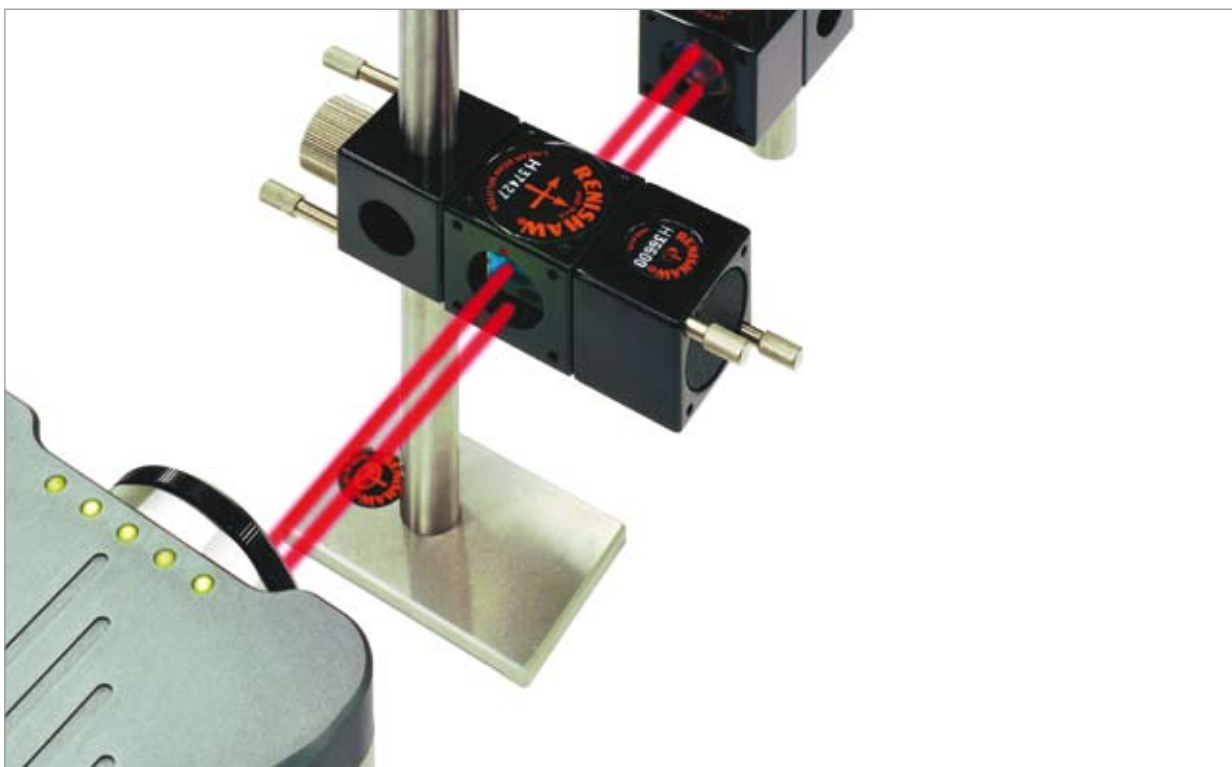
## Установка

При проверке линейной оси используются:

- Линейный делитель луча
- Ретро-рефлекторы
- Мишени (для упрощения оптической юстировки)

При линейных измерениях один ретро-рефлектор жестко крепится к делителю луча и служит для формирования опорного луча фиксированной длины. Другой ретро-рефлектор перемещается относительно делителя луча и формирует измерительный луч переменной длины. Лазерный измерительный блок отслеживает изменение расстояния между делителем луча и ретро-рефлектором, образуя измерительный луч. Для установки оптических элементов на станок или КИМ имеются различные установочные и крепежные приспособления. Также возможна поставка дополнительных приспособлений для упрощения настройки системы и процедуры сбора данных. Они описаны в отдельном разделе, посвященном дополнительным приспособлениям.

Для осей длиной более 40 м набор специальных запатентованных оптических элементов, предназначенных для измерений вдоль длинных осей.





## Автоматическая компенсация ошибок линейного позиционирования

Дополнительный пакет программ для компенсации ошибок линейного позиционирования позволяет автоматически рассчитывать значения компенсации, которые затем могут быть загружены в систему ЧПУ станка. По окончании компенсации завершающая проверка станка с помощью лазера позволяет убедиться в том, что точность позиционирования станка значительно выросла.

Пакет программ для компенсации ошибок станка используется вместе с программным обеспечением интерферометра и включает в себя "Мастера компенсации", что делает сеанс компенсации более простым и наглядным. Разработанные в настоящее время программы компенсации совместимы со многими современными системами ЧПУ, в том числе:

- Siemens
- Heidenhain
- Fanuc

## Технические характеристики

Линейные измерения	0 - 80 м
Точность (при использовании XC-80)	± 0,5 мкм/м
Разрешение	0,001 мкм

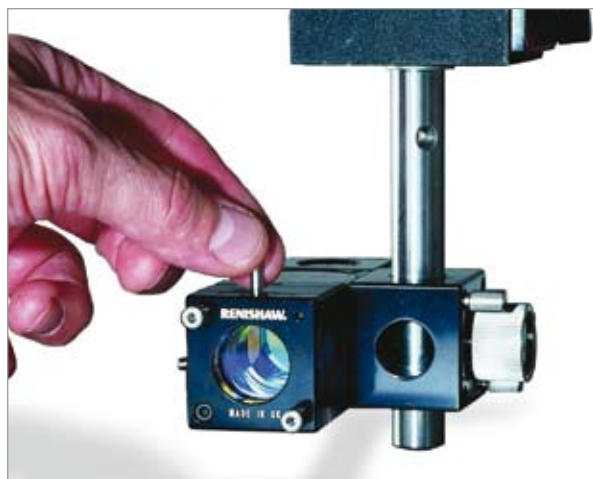


Уникальная конструкция оптических элементов, предназначенных для линейных и угловых измерений, а также для проверки прямолинейности, избавляет от необходимости изменять положение лазерного блока при переходе от одного из этих режимов к другому.

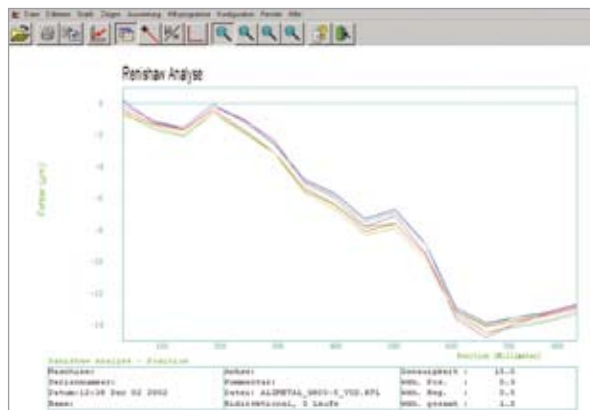
## Устройство управления лучом LS350

Это уникальное приспособление (запатентовано Renishaw) позволяет регулировать угол наклона лазерного луча как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости, что предельно упрощает юстировку интерферометра. LS350 сокращает время выполнения линейных и угловых измерений и проверки прямолинейности независимо от используемой при этом оптической схемы.

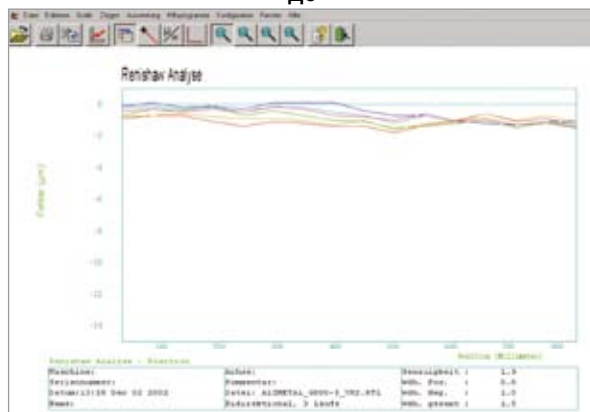
LS350 также может применяться в составе комбинированного набора оптики для линейных/угловых измерений и вместе с регулируемым и нерегулируемым поворачивающимися зеркалами. С помощью зажимных винтов LS350 легко закрепить на корпусе любого оптического элемента.



Устройство управления лучом LS350



До



После

## Преимущества интерферометра Renishaw

- **Длительный срок службы оптических элементов** корпуса оптических элементов изготовлены из анодированного алюминия, защищены от коррозии и имеют ударопрочную конструкцию
- **Улучшенная динамическая чувствительность** - алюминиевые корпуса оптических элементов в два с лишним раза легче, чем стальные, что уменьшает нагрузку на привода во время измерений.
- **Быстрая тепловая акклиматизация** - оптические элементы в алюминиевых корпусах приходят в тепловое равновесие с окружающей средой в 10 раз быстрее, нежели элементы в стальных корпусах.
- **Отсутствие теплового дрейфа** - оптическая схема интерферометра находится на значительном удалении от лазерного блока, который является источником тепла.
- **Простота установки** - оптическая схема интерферометра с удаленным лазерным блоком может быть установлена непосредственно в интересующем Вас месте станка без каких-либо сокращений диапазона перемещения вдоль оси. Это также избавляет от необходимости изменять расположение лазерного блока при выполнении измерения вдоль нескольких осей.
- **Внешняя юстировка** - лазерный блок на платформе, установленной на штативе, позволяет оператору выполнять юстировку интерферометра, находясь вне станка.
- **Упрощение юстировки при измерении больших расстояний** - благодаря большим размерам ретро-рефлектора направить лазерный луч в его входное отверстие значительно проще, даже при значительной турбулентности окружающего воздуха. Кроме того, возрастает интенсивность отраженного от него лазерного луча.

# Угловые измерения



Оптика для угловых измерений



Угловую оптику также можно использовать для проверки плоскостности столов КИМ и поверочных плит. См. стр. 20.



Используя угловую оптику и поворотное устройство RX10 можно производить проверку поворотных осей. См. стр. 22.

Угловые ошибки (отклонение от прямолинейности по углам рысканья и тангажа) вносят значительный вклад в результирующую ошибку позиционирования станка и ошибку измерений КИМ.

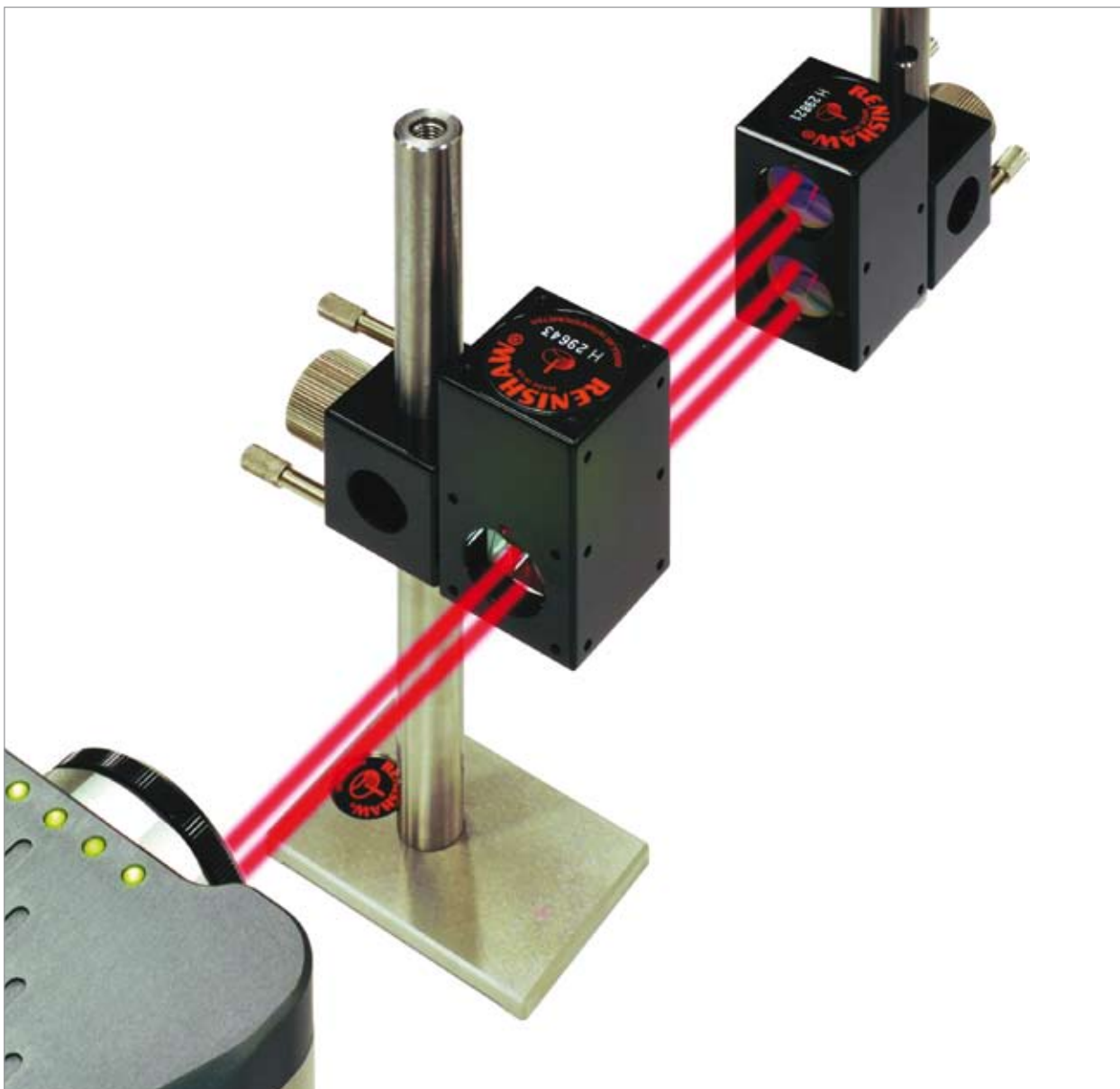
## Установка

При проведении угловых измерений используются:

- Угловой делитель луча
- Угловой ретро-рефлектор
- Мишени (для упрощения оптической юстировки)

Угловой делитель луча лучше всего сделать неподвижным оптическим элементом, установив его на станке, например, на шпинделе станка с подвижным столом или на гранитном столе КИМ.

Ретро-рефлектор устанавливается на подвижный элемент, например, на подвижный стол станка или пиноль КИМ. Суть измерений состоит в отслеживании изменений относительного угла между делителем луча и ретро-рефлектором.



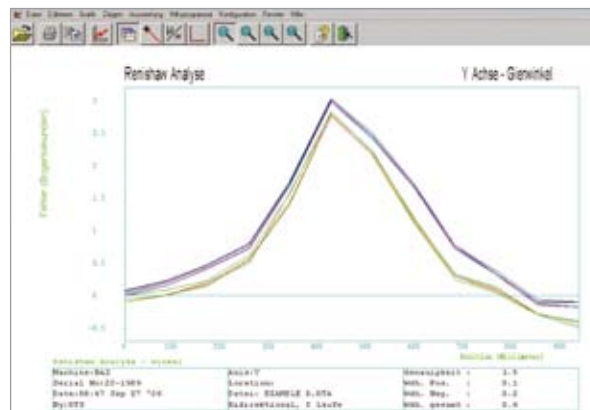
## Преимущества интерферометра Renishaw

- **Контролепригодность** – результаты интерферометрических угловых измерений выражаются через длину волны лазерного излучения, которая проходит проверку на соответствие эталону длины. Измерительные системы, основанные на фазочувствительных детекторах/ПЗС-ячейках лишены такой возможности.
- **Точность** – интерферометрические угловые измерения имеют более высокую точность и линейность по сравнению с системами на фазочувствительных детекторах/ПЗС-ячейках и менее чувствительны к помехам, связанным с турбулентностью окружающего воздуха.
- **Простота установки** – оптическая схема интерферометра с отдельным, удаленным лазерным блоком может быть установлена непосредственно в интересующем Вас месте станка без каких-либо сокращений диапазона перемещения вдоль оси. Это также избавляет от необходимости изменять расположение лазерного блока при выполнении измерения вдоль нескольких осей.

## Технические характеристики

Максимальная длина линии измерения	0 – 15 м
Диапазон угловых измерений	$\pm 10^\circ$
Точность угловых измерений	$\pm 0.6\% \pm 0.5 \pm 0.1 \text{ M мкм/м}$
Разрешение	0.1 мкм/м

Здесь M = перемещение вдоль оси измерения в метрах;  
% = процент от вычисленного угла



Стандартный вид результатов угловых измерений, представленных в виде графика.



Можно заказать комбинированный набор оптики для линейных и угловых измерений. Свяжитесь с нами для получения дополнительной информации по этому вопросу.

## Регулируемое поворачивающее зеркало

Это зеркало является вспомогательным юстировочным приспособлением для подготовки интерферометра к диагональным измерениям, которые включены в стандарт ANSI B5.54. Оно также полезно для проверки токарных станков с наклонной станиной. С помощью зажимных винтов зеркало легко закрепить на корпусе любого оптического элемента.



Регулируемое поворачивающее зеркало

## Нерегулируемое поворачивающее зеркало

Это зеркало отражает луч под углом  $90^\circ$  по отношению к направлению падающего луча. Также как и регулируемое поворачивающее зеркало, оно может быть присоединено к оптическим элементам и используется в тех случаях, когда ограничен доступ к проверяемой оси.



Нерегулируемое поворачивающее зеркало



# Проверка прямолинейности



Оптика для проверки прямолинейности длинных осей



Оптика для проверки прямолинейности коротких осей

Проверка прямолинейности позволяет выявить изгиб или перекос направляющих станка или КИМ, которые могут быть следствием износа, результатом аварии или быть вызваны неправильной установкой, которая приводит к прогибу всего станка. Отклонение от прямолинейности непосредственно влияет на точность позиционирования станка и точность контурной обработки.

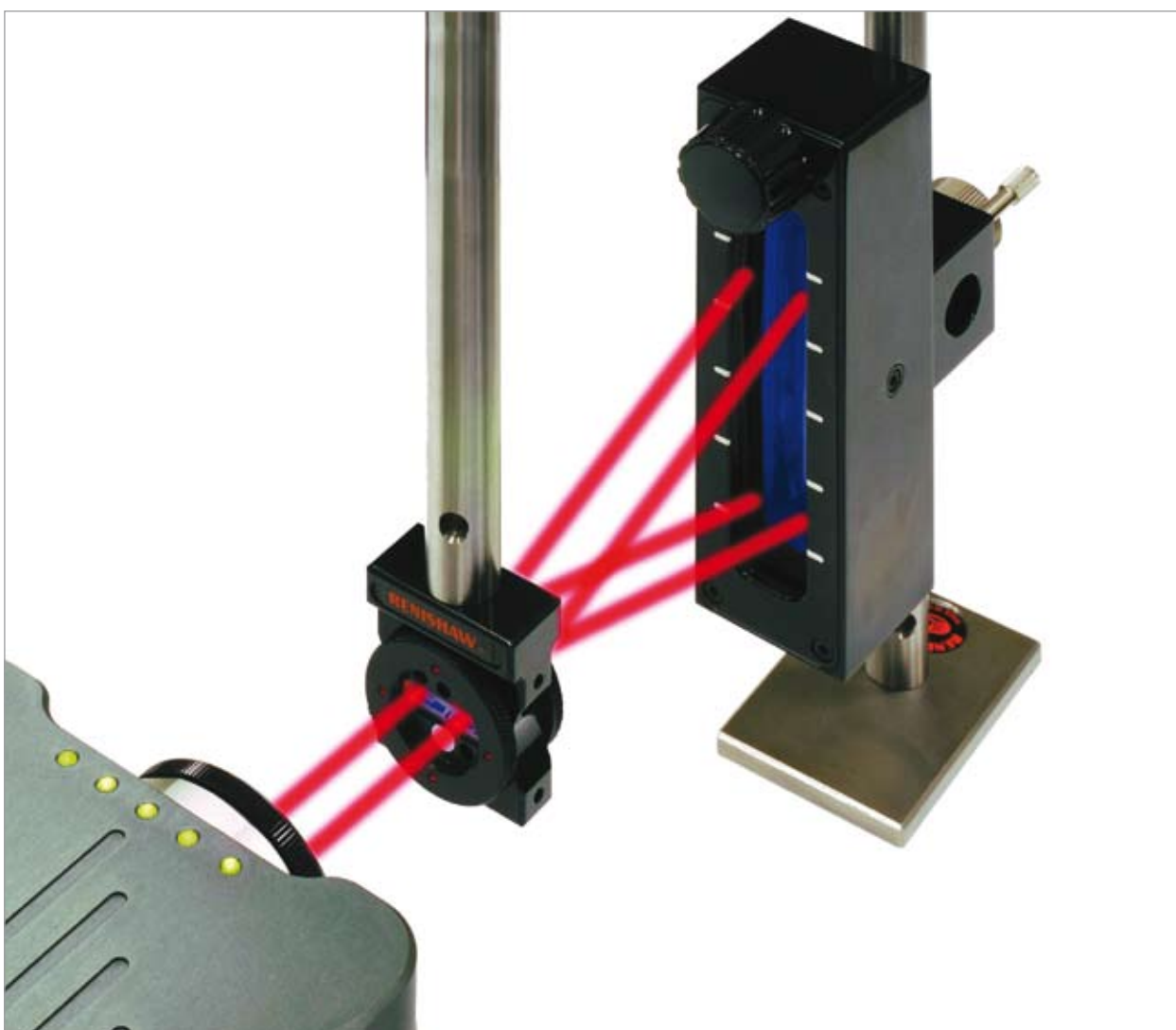
## Установка

При проверке прямолинейности используются:

- Делитель луча для измерения прямолинейности
- Рефлектор для измерения прямолинейности

При измерениях рефлектор для измерения прямолинейности обычно находится в фиксированном положении на столе станка, даже если сам стол является подвижным.

Делитель луча при этом устанавливается в шпиндель станка. Имеется два разных набора оптики: для коротких осей (0,1 – 4,0 м) и для длинных осей (1 – 30 м).



## Преимущества интерферометра Renishaw

- **Простая оптическая схема** - геометрическая форма ретро-рефлектора прямолинейности (запатентованная разработка Renishaw) предотвращает наложение выходного луча лазера и луча, отраженного ретро-рефлектором, благодаря чему существенно упрощается юстировка интерферометра.
- **Отсутствие проблем при измерениях вдоль длинных осей** - при проверке прямолинейности, особенно длинных осей, измерительные системы на фазочувствительных детекторах/ПЗС-ячейках имеют низкую точность и подвержены помехам.
- **Удобство** - подвижные оптические элементы не имеют никаких кабелей, что повышает точность и удобство работы с системой, так как отсутствуют проблемы, связанные с волочением и возможным зацеплением кабеля.
- **Универсальность** - программное обеспечение позволяет выполнять проверку прямолинейности с помощью цифровых индикаторов и поверочной линейки.



Набор дополнительных приспособлений для проверки прямолинейности



Для измерения вертикальной прямолинейности в горизонтальной плоскости требуется универсальная выходная оптика из набора для измерения прямолинейности.



Проверка прямолинейности вдоль двух осей позволяет сделать вывод и о параллельности этих осей. Кроме того, можно проверить взаимную перпендикулярность осей. См. стр. 18.

## Технические характеристики

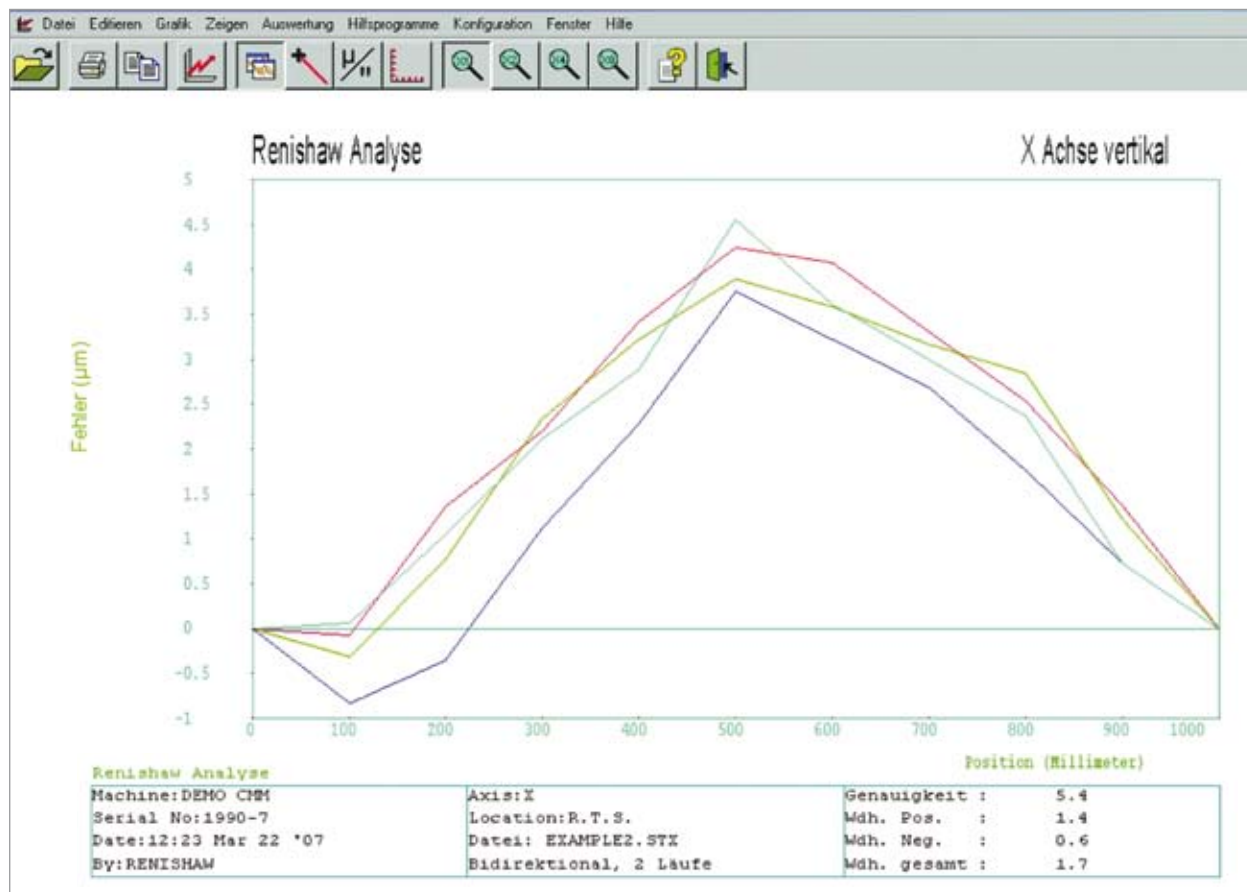
### Короткие оси

Максимальная длина линии измерения	0,1 – 4 м
Предельное отклонение от прямолинейности	± 2,5 мм
Точность	± 0,5% ± 0,5 ± 0,15 M <sup>2</sup> мкм
Разрешение	0,01 мкм

### Длинные оси

Максимальная длина линии измерения	1 – 30 м
Предельное отклонение от прямолинейности	± 2,5 мм
Точность	± 2,5 ± 0,5 ± 0,15 M <sup>2</sup> мкм
Разрешение	0,1 мкм

Здесь M = перемещение вдоль оси измерения в метрах;  
% = процент от измеренного значения



Стандартный вид результатов проверки прямолинейности

# Проверка перпендикулярности



Оптический квадрат



Почему бы не выполнить экспресс-проверку перпендикулярности осей станка с помощью QC10 ballbar? См. стр. 26.

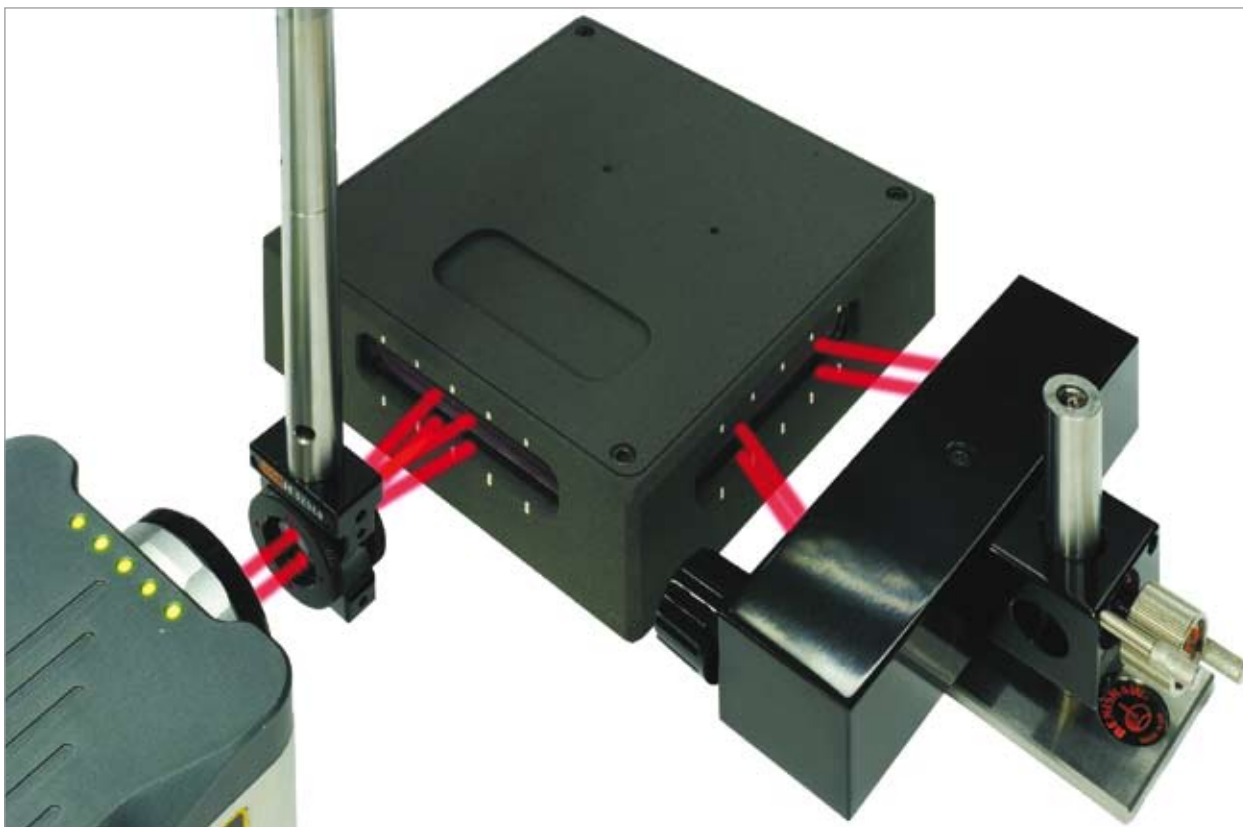
В данном режиме измерений определяется отклонение двух осей, номинально расположенных под прямым углом друг к другу, от перпендикулярности. Отклонение от перпендикулярности определяется путем сравнения величин отклонения от прямолинейности, полученных для каждой оси. Возникновение отклонения от перпендикулярности может быть обусловлено износом направляющих станка, аварией, некачественной установкой станка или смещением нулевых меток (на порталных станках). Отклонение от перпендикулярности непосредственно влияет на точность позиционирования станка и точность контурной обработки.

## Установка

Для проверки перпендикулярности требуется дополнительный оптический элемент:

- Оптический квадрат со скобой.

Кроме того, в состав оптической схемы, используемой для измерений, входят оптические элементы и набор дополнительных приспособлений для проверки прямолинейности (см. следующую страницу). В зависимости от конструкции конкретного станка также могут потребоваться другие установочные приспособления.





## Преимущества интерферометра Renishaw

- **Простая оптическая схема** – геометрическая форма ретро-рефлектора прямолинейности (запатентованная разработка Renishaw) предотвращает наложение выходного луча лазера и луча, отраженного ретро-рефлектором, благодаря чему существенно упрощается юстировка интерферометра.
- **Непревзойденная точность** – благодаря высокой точности изготовления оптического квадрата ( $\pm 0,5$  угл. сек.) точность определения отклонения от перпендикулярности с помощью интерферометра Renishaw превышает точности других измерительных систем.
- **Универсальность** – программное обеспечение позволяет выполнять проверку перпендикулярности с помощью цифровых.



Оптика для проверки прямолинейности



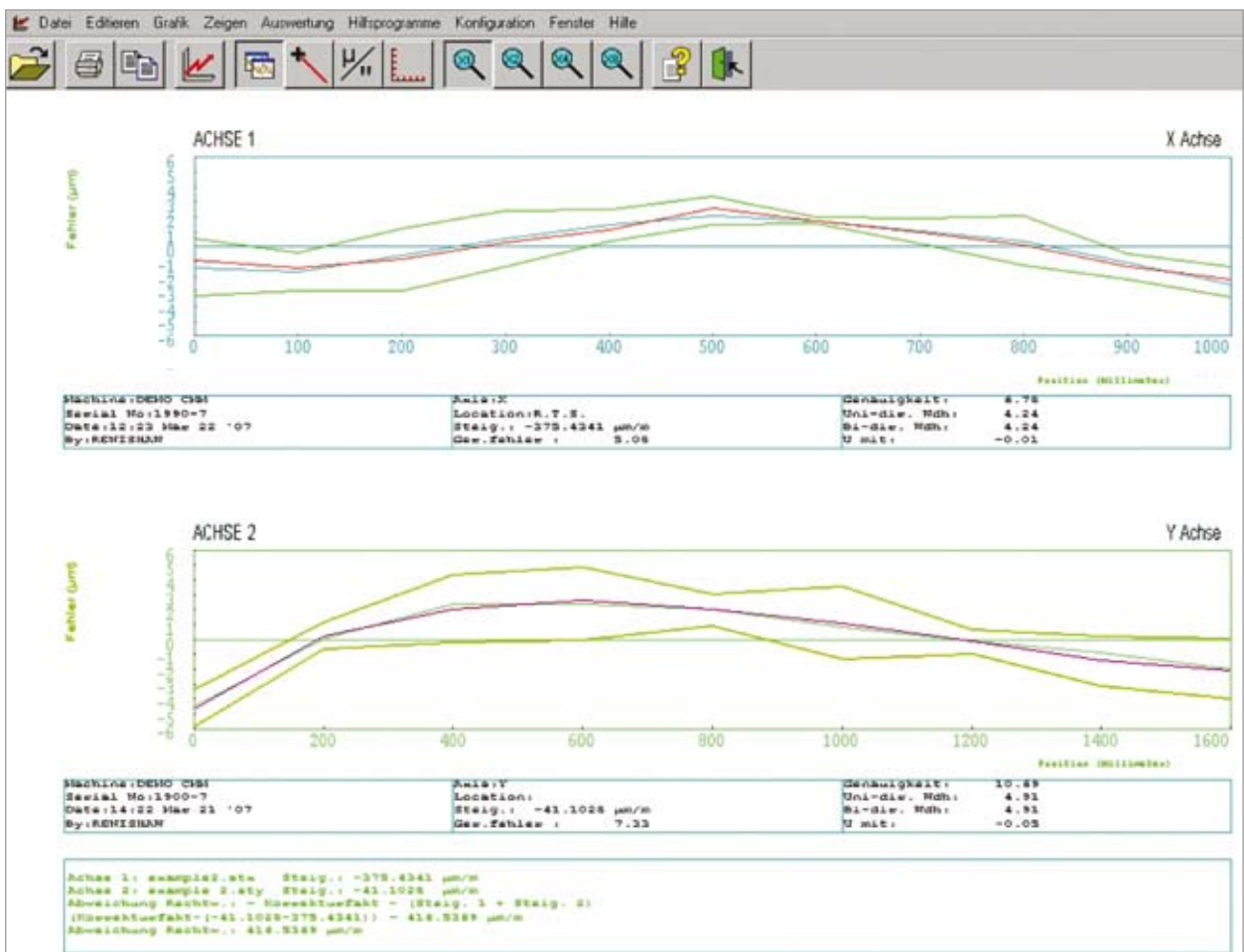
Набор дополнительных приспособлений для проверки прямолинейности

## Технические характеристики

Точность (короткие оси)	$\pm 0,5\% \pm 2,5 \pm 0,8$ М мкм/м
Точность (длинные оси)	$\pm 2,5\% \pm 2,5 \pm 0,08$ М мкм/м
Разрешение	0,01 мкм/м

Здесь М = расстояние вдоль длинной оси измерения в метрах;

% = процент от измеренного значения



Стандартный вид результатов проверки перпендикулярности

# Проверка плоскостности

Этот режим измерения служит для определения отклонения от плоскостности столов КИМ и всевозможных поверочных плит. Он позволяет обнаруживать любые существенные отклонения номинально плоской поверхности от плоскостности и определить их количественные характеристики.

Если обнаруженные отклонения существенны, могут потребоваться дополнительные работы, например, дополнительная шлифовка поверхности.



Набор для проверки плоскостности

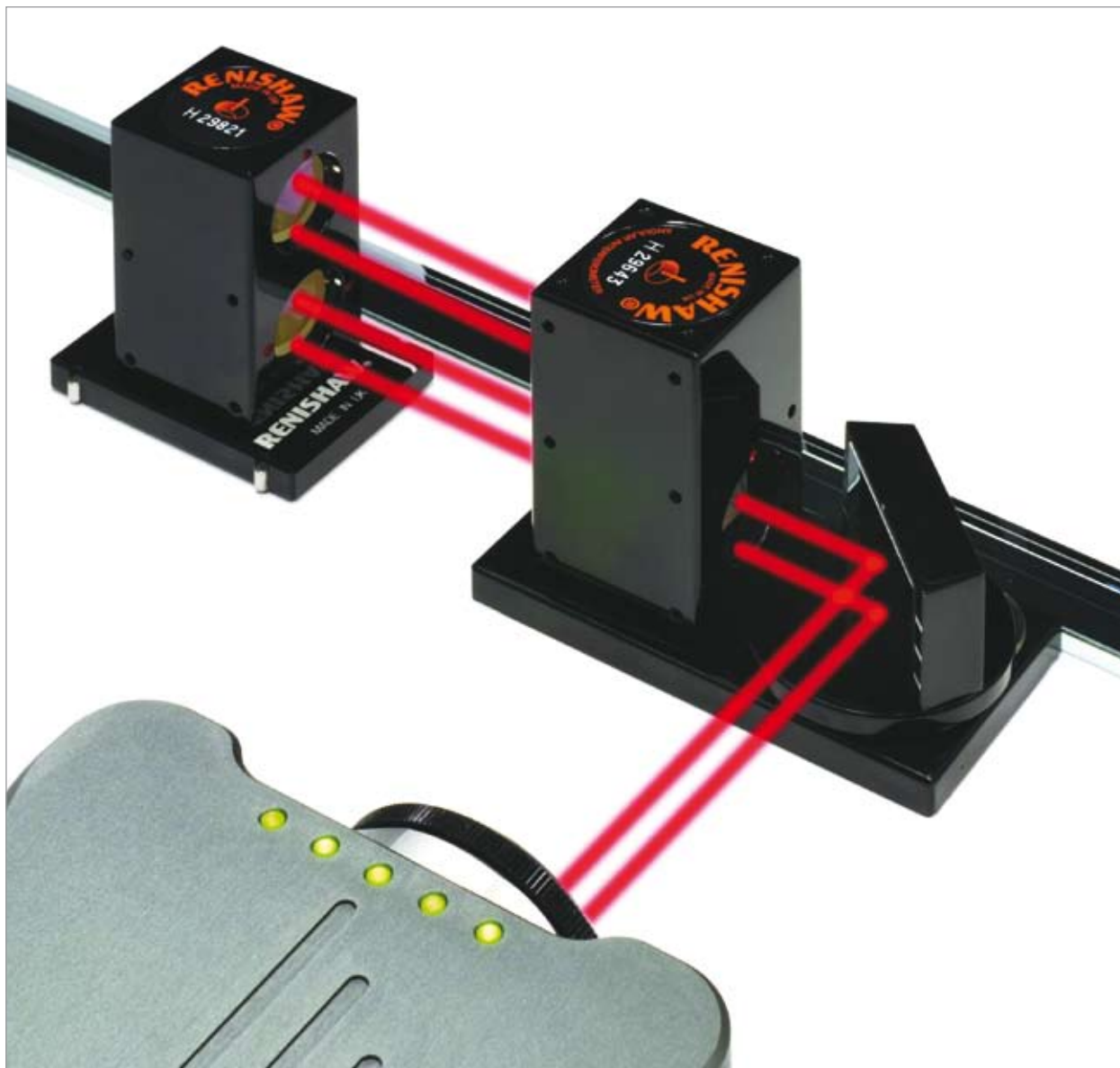
Для измерения плоскостности также требуется оптика для угловых измерений, которая устанавливается сверху на базовые опоры. Соответствующие оптические элементы показаны в разделе, посвященном угловым измерениям, и их можно заказать отдельно. См. стр. 14.

Угловой ретро-рефлектор устанавливается на одну из трех базовых опор для проверки плоскостности, базовые шаги которых различны. Шаг опоры, выбираемой для измерений, определяется исходя из размеров тестируемой поверхности и предполагаемого числа точек измерения. Угловой делитель луча устанавливается на опору с поворачивающимся зеркалом для проверки прямолинейности.

## Установка

Специально для проверки плоскостности предназначены следующие элементы:

- Базовая опора (шаг 50 мм)
- Базовая опора (шаг 100 мм)
- Базовая опора (шаг 150 мм)
- Зеркала для проверки плоскостности
- Оптика для угловых измерений



## Преимущества интерферометра Renishaw

- **Отсутствие теплового дрейфа** - оптическая схема интерферометра находится на значительном удалении от лазерного блока, являющегося источником тепла.
- **Контролепригодность** - результаты интерферометрических угловых измерений выражаются через длину волны лазерного излучения, которая проходит поверку на соответствие эталону длины. Измерительные системы, основанные на фазочувствительных детекторах/ПЗС-ячейках лишены такой возможности.
- **Простота установки** - зеркала для проверки плоскостности не скользят по поверхности; можно легко отрегулировать их угол поворота и наклона.
- **Универсальность** - программное обеспечение интерферометра позволяет подключать к компьютеру электронные уровни. Можно выполнять измерения как по методу Moody, так и по методу сетки.
- **Неизменность положения лазера** – измерения вдоль всех линий можно выполнить при неизменном положении лазерного блока.

Перед началом измерений на проверяемой поверхности следует нарисовать линии, вдоль которых Вы планируете производить измерения. Длина каждой линии должны быть кратной выбранному шагу опоры. Для проверки плоскостности существует два стандартных метода измерения:

- Метод Moody – в рамках этого метода измерения выполняются вдоль 8 заданных прямых линий.
- Метод сетки – в рамках этого метода измерения можно производить вдоль произвольного числа взаимно перпендикулярных прямых линий.

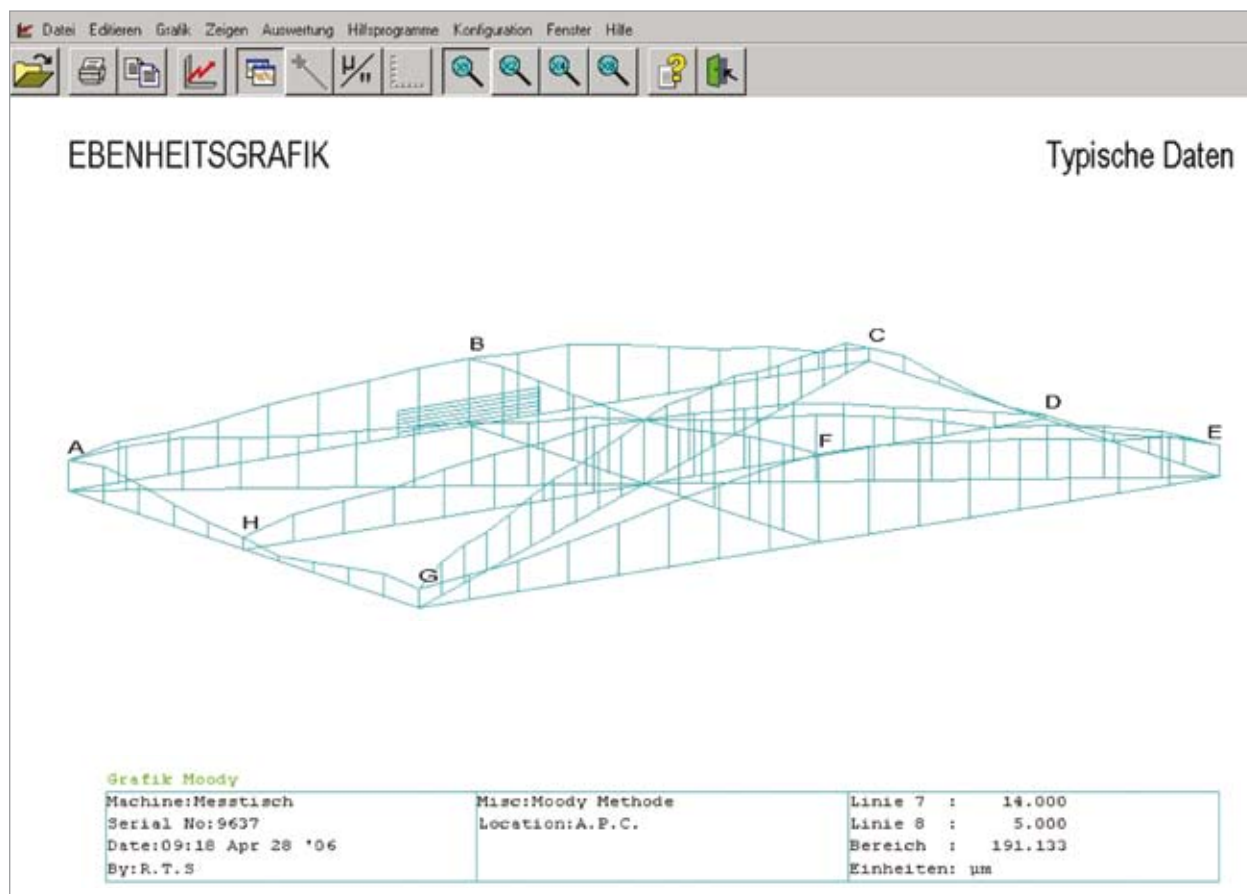


Так выглядят результаты проверки плоскостности по методу сетки

## Технические характеристики

Максимальная длина линии измерения	0 – 15 м
Максимальное отклонение от плоскостности	± 1,5 мм
Точность	± 0,6% ± 0,02 M <sup>2</sup> мкм
Разрешение	0,01 мкм

Здесь M = длина диагональной линии в метрах;  
% = процент от определенного отклонения от плоскостности



Так выглядят результаты проверки плоскостности по методу Moody



# Проверка поворотных осей



Оптика для угловых измерений



Поворотное устройство RX10

Общая точность многих станков/КИМ существенно зависит от точности углового позиционирования их поворотных осей. Это могут быть поворотные оси 4- и 5-осевых станков, а также поворотный стол КИМ. В связи с важностью точности углового позиционирования измерение этой характеристики вошло в современные национальные и международные стандарты. По этой причине Renishaw разработала специальную систему RX10 для проверки точности поворотных осей, которая используется вместе с лазерным интерферометром Renishaw.

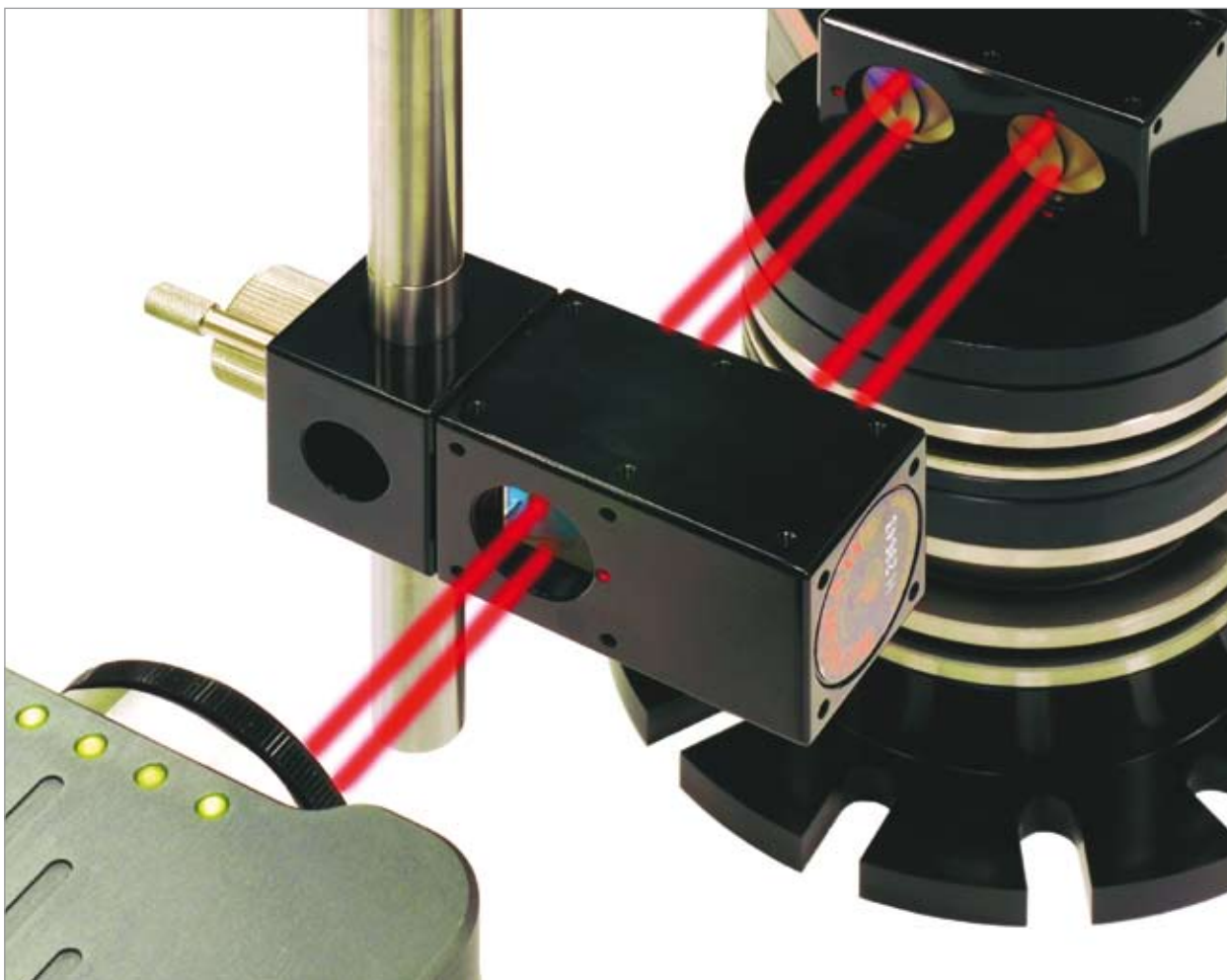
Система RX10 произвела настоящий переворот в области проверки точности поворотных осей. С помощью этой системы автоматическую проверку поворотной оси, находящейся в любом угловом положении, можно выполнить в течение всего лишь 25 минут. Это огромная экономия времени, учитывая что проверка традиционными методами с помощью автоколлиматоров и оптических полигонов занимает более 5 часов!

## Установка

При проверке поворотной оси используются:

- Поворотное устройство RX10
- Контроллер/блок питания RX10

Также используется оптические элементы для угловых измерений, один из которых устанавливается на RX10. Соответствующие оптические элементы показаны в разделе, посвященном угловым измерениям, и их можно заказать отдельно.





### Для проверки поворотной оси нужно выполнить пять несложных действий:

1. Закрепить стандартный угловой ретро-рефлектор на плоской поверхности устройства RX10.
2. Жестко закрепить монтажную пластину устройства RX10 на поверхности стола проверяемой поворотной оси.
3. Установить угловой делитель луча на устойчивом узле, который никак не связан с поворотным столом.
4. Производить инкрементное приращение угловой координаты поворотной оси так, чтобы она последовательно занимала ряд угловых положений, заданных в программном обеспечении интерферометра Renishaw. Измерения производятся в каждом угловом положении поворотной оси.
5. После каждого изменения углового положения оси поворотный стол RX10 автоматически совершает поворот в обратном направлении с тем, чтобы лазерный луч вновь попадал в детектор лазерного измерительного блока.

### Согласно современным международным стандартам калибровку поворотных осей можно производить разными способами, в частности.

- с шагом 0,1° в угловом диапазоне 5°.
- с шагом 3° в угловом диапазоне 360°.
- В положениях 0°, 90°, 180° и 270° и девяти других выбираемых случайным образом положениях в диапазоне 360°.

Выполнить такие измерения с помощью автоколлиматоров и оптических полигонов чрезвычайно трудно, если вообще возможно.

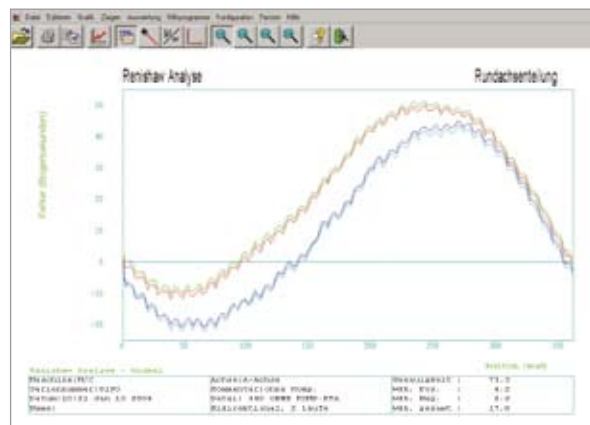
### Преимущества интерферометра Renishaw

- **Несложная процедура настройки** - RX10 автоматически выполняет процедуру самокалибровки, в процессе которой происходит компенсация ошибок установки, в связи с чем точная центровка системы не требуется.
- **Быстрая автоматическая калибровка** - блокировка, разблокировка и угловые перемещения RX10 моторизованы, что делает возможной юстировку и проверку поворотной оси в автоматическом режиме без вмешательства в этот процесс оператора или другого оборудования (идеально для КИМ).
- **Универсальность** - возможна точная проверка в любом диапазоне углов, даже в пределах нескольких поворотов.

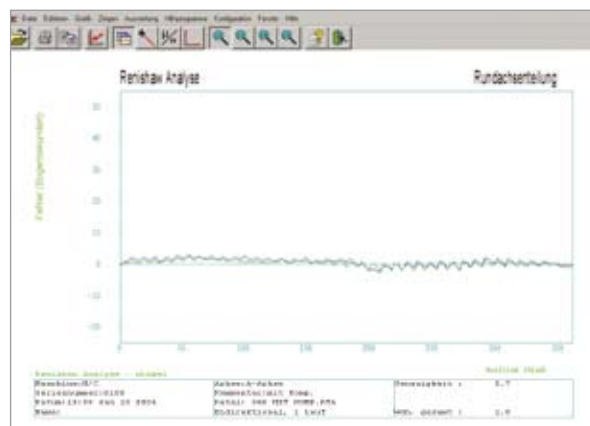
### Технические характеристики

Угловой диапазон	не ограничен
Точность шагового перемещения (стандарт)	± 5 мкм/м
Повторяемость	1 мкм/м
УСТАНОВКА	Верхняя или нижняя поверхности шпинделя или крепление на поверхности стола
Эксплуатация	В вертикальном или горизонтальном положении
Управление	Автоматическое через RS232 / USB порт персонального компьютера
Рабочая температура	0 – 40 °С
Максимальная скорость вращения стола RX10	30 об/мин при измерениях с шагом < 10° 2 об/мин при измерениях с шагом > 10°

Приведенные графики показывают зависимость ошибок поворотной оси от угла поворота до и после ремонта.



До



После



Закажите набор дополнительных приспособлений для автоматической проверки поворотных столов или осей с вертикальным смещением в начальный момент поворота.

# Динамические измерения

Программное обеспечение лазерного интерферометра Renishaw позволяет измерить зависимость ускорения и скорости от времени, обнаружить и проанализировать возникающие вибрации и состояние системы сервоуправления. Это особенно важно для оценки характеристик различных систем перемещения, используемых в промышленности (не только обрабатывающих станков и КИМ).

Вот неполный перечень оборудования, динамические характеристики которого часто требуют проверки:

- Манипуляционные роботы
- Станки для поверхностного монтажа
- Станки для сверления/расточки печатных плат
- Станки для набивки печатных плат
- Оптические координатные столы
- Печатные машины
- Гидравлические и пневматические системы
- Системы позиционирования

Программа динамических измерений является неотъемлемой частью стандартного программного обеспечения интерферометра, а для самих измерений никакая дополнительная специальная оптика не требуется: нужны лишь стандартные оптические элементы, используемые для статических измерений.

Измерения, производимые в режиме реального времени, позволяют обнаружить ряд конкретных ошибок станка и описать их на количественном уровне.

Например:

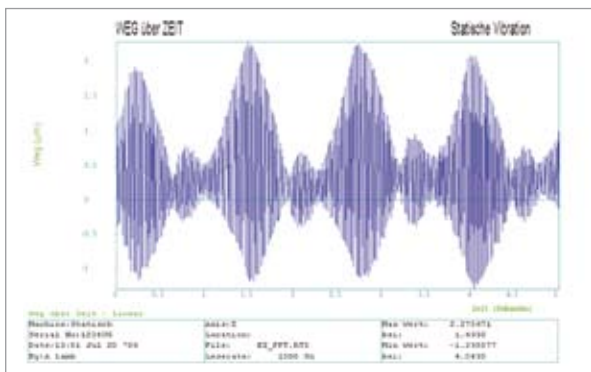
- Предварительный натяг и гистерезис шарико-винтовых пар
- Стабильность позиционирования и рабочие характеристики энкодеров
- Резонансные характеристики приводов, шпинделей и других систем
- Точность скорости подачи, ее стабильность и интерполяционная точность
- Оптимизация управления с обратной связью

## Технические характеристики

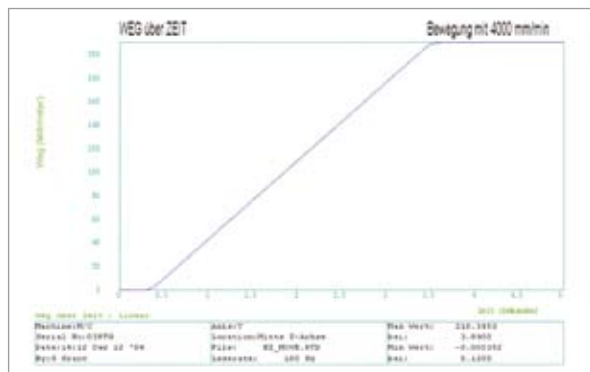
Частота считывания	10 Гц - 50 кГц
Точность измерения линейных перемещений	± 0,5 мкм/м
Линейное разрешение	0.001 мкм
Точность измерения линейной скорости	± 0,01%
Точность измерения линейного ускорения	± 0,01%
Максимальная скорость	4 м/с
Точность задания времени	± 0,01%

% = процент от измеренного значения

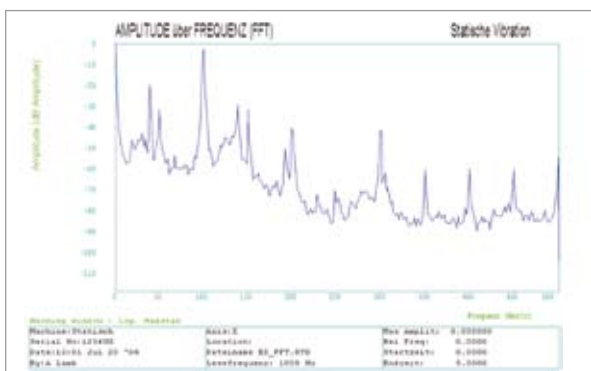




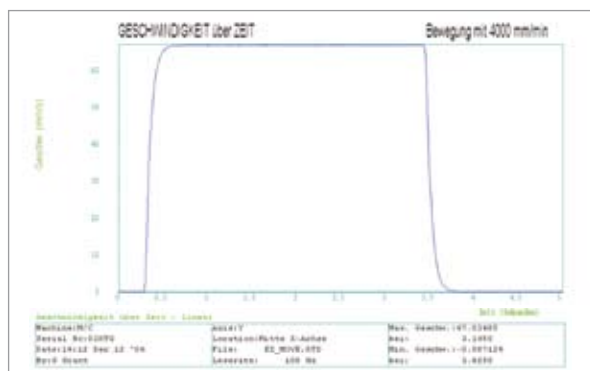
Анализ вибраций



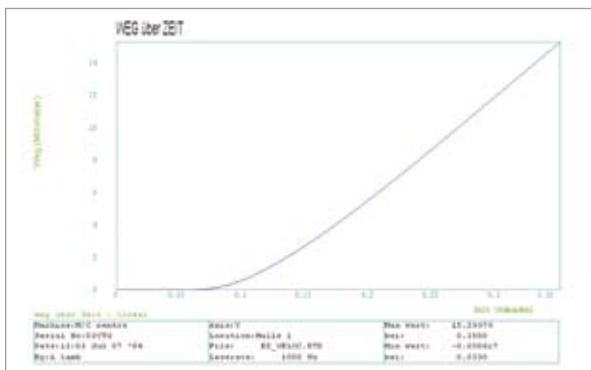
Зависимость перемещения от времени



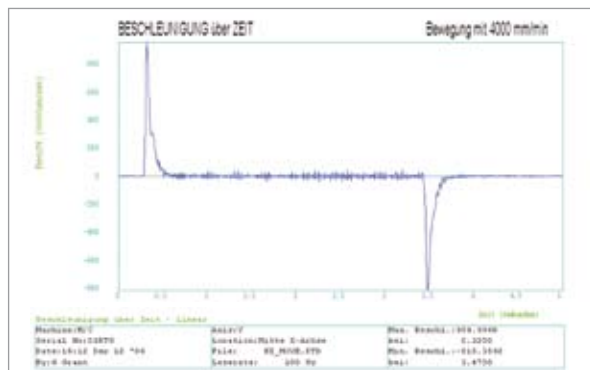
Частотный анализ по методу быстрого преобразования Фурье



Зависимость скорости от времени



Анализ жесткости привода



Зависимость ускорения от времени

## Преимущества интерферометра Renishaw

Измерения, производимые в режиме реального времени, позволяют обнаружить ряд конкретных ошибок станка и описать их на количественном уровне.

Например:

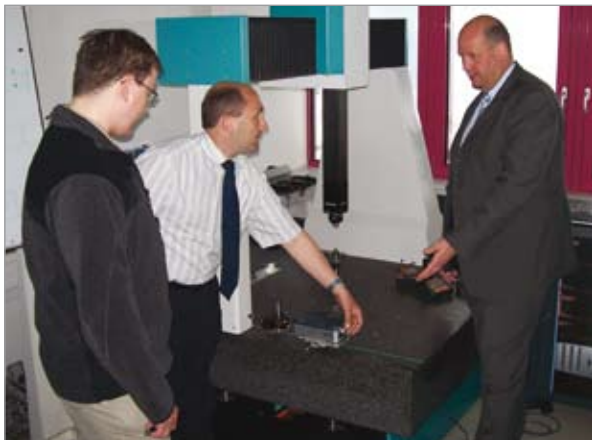
- **Мощная методика анализа вибраций** - алгоритмы ФТТ-анализа (метод быстрого преобразования Фурье), реализованные в программном обеспечении интерферометра, позволяют получить детальный частотный спектр, идентифицировать с его помощью вибрации и установить причину их возникновения.
- **Универсальность оптики** - динамические измерения выполняются при помощи тех же оптических элементов, которые используются для статических линейных и угловых измерений и для статической проверки прямолинейности.

- **Высокое быстродействие** - использование одномодового лазера обеспечивает разрешение в нанометровом диапазоне при скоростях подачи до 4 м/с при частоте считывания 50 кГц и отсутствии каких-либо ограничений по ускорению.
- **Универсальность** - считывание данных может быть синхронизовано с внутренним таймером системы или с внешними сигналами запуска, имеющими частоту до 4 кГц.



Динамические измерения с использованием блока квадратурных сигналов ТВ10 являются идеальным методом проверки собранных шарико-винтовых пар.

# Техническая поддержка и обучение



Обучение

## Поддержка в любой точке земного шара

В центральном офисе Renishaw, расположенном в Великобритании, работает первоклассная команда специалистов по поддержке клиентов, которая имеет не только огромный опыт в разработке и применении выпускаемой продукции, но и досконально знает все ее нюансы. Кроме того, в основных регионах сбыта компания Renishaw организовала в сеть дочерних компаний, чтобы обеспечивать клиентов поддержкой высококлассных специалистов на местах. В остальных регионах техническая поддержка обеспечивается уполномоченными представителями компании. Адреса компании Renishaw приведены на обложке этой брошюры.

## Обучение

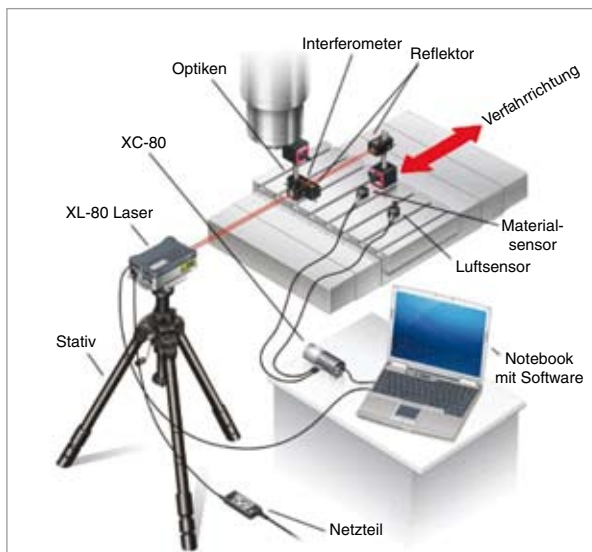
Полный цикл обучения пользователей может быть организован как на предприятии у клиента, так и в одном из центров обучения Renishaw. Кроме того, регулярно организуются различные курсы для начинающих пользователей, курсы повышения квалификации и семинары.

## Документация

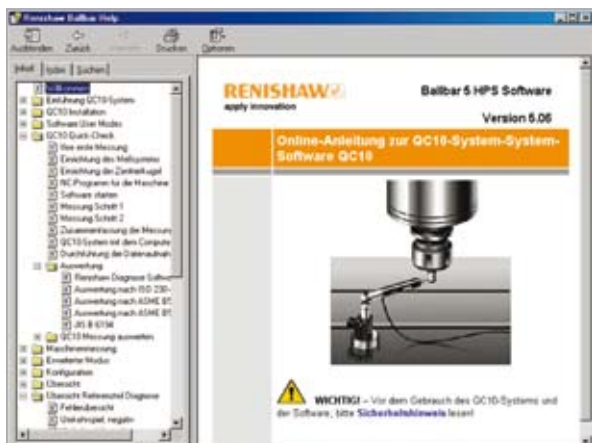
Большое внимание уделяется обеспечению клиентов исчерпывающей информацией о комплектации поставляемых систем, их программном обеспечении, областях и способах ее применения. Кроме того, обязательно приводится описание основного принципа действия прибора. Все большее распространение получает документация в электронном формате, что упрощает процедуру своевременного обновления информации о наших изделиях.

В комплект лазерного интерферометра входит компакт-диск с электронным руководством пользователя, который содержит иллюстрированное описание настройки системы для каждого типа измерений, различные технические рекомендации и информацию об анализе результатов измерений, что гарантирует максимальную эффективность обучения.

Электронное руководство по эксплуатации QC10 ballbar является составной частью программного обеспечения Ballbar 5 HPS.



Выдержка из электронного руководства пользователя XL-80



Выдержка из электронного руководства пользователя QC10



# Калибровка

Калибровка всех лазеров и систем ballbar осуществляется специалистами Renishaw и соответствует требованиям NPL (Национальной физической лаборатории) в Великобритании. Для этого используется сертифицированная установка, которая находится в собственности Renishaw. В состав этой системы входит эталонный лазер, работающий на молекулярных переходах йода, и оборудование для компенсации изменения параметров окружающей среды, имеющее сертификат NAMAS

Вы можете заказать повторную калибровку, которая выполняется в Великобритании и США (в соответствии с требованиями NPL), а также в Германии (в соответствии с требованиями PTB). Повторную калибровку QC10 ballbar вы можете заказать в ООО Ренишоу.



Посетите нашу интернет страницу:

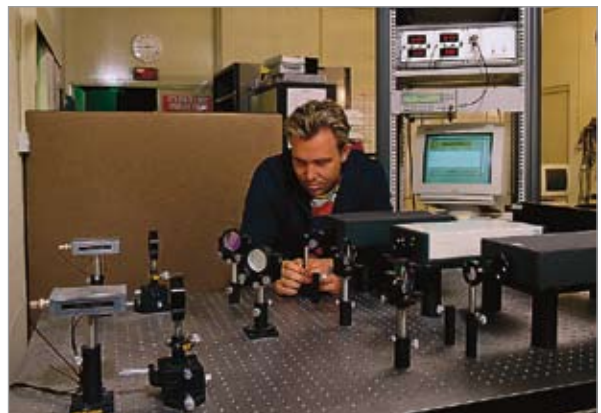
[www.stanok.cncinfo.ru](http://www.stanok.cncinfo.ru)

Там вы найдете:

- Пресс-релизы
- Новости о выпускаемой продукции
- Техническая информация
- Статьи с примерами использования нашей продукции
- Загружаемая документация в pdf-формате



Центр калибровки, Германия



Центр калибровки, Великобритания



Сертификат ISO 9001:2000



Сертификат поверки PTB (Германия)

## Кредо компании Renishaw - внедрение инноваций для решения Ваших производственных задач.

Компания Renishaw является признанным мировым лидером в области метрологии, предлагающим высокоэффективные и рентабельные решения для измерений и повышения производительности. Сеть дочерних компаний и дистрибьюторов по всему миру обеспечивает исключительное качество услуг и технической поддержки клиентов.

Компания Renishaw проектирует, разрабатывает и изготавливает изделия, которые соответствуют требованиям стандартов ISO 9001.

В качестве инновационных решений компания Renishaw предлагает следующую продукцию:

- Контактные измерительные системы для КИМ (координатно-измерительных машин).
- Системы для настройки на технологическую операцию, наладки инструмента и измерений на станках.
- Системы сканирования и оцифровки.
- Лазерные интерферометры и автоматизированные системы Ballbar для проверки технического состояния и калибровки станков и КИМ.
- Энкодеры – датчики положения, обеспечивающие высокую точность обратной связи при позиционировании.
- Спектроскопические системы для неразрушающего контроля материалов в лабораторных и производственных условиях.
- Контактные щупы для всех типов контактных измерительных датчиков.
- Технические решения по специальному заказу.

## Россия

### Москва

T +7 495 231 1677  
E russia@renishaw.com

### Смоленск

T +7 4812 24 41 02  
E lan@cncinfo.ru

