

Лазерный интерферометр **HPI-1GHz**

Руководство по эксплуатации



Lasertex 



Предприятие Реализации Научно-
Технического Прогресса, ООО.

Лазерные измерительные системы.

Измерительные системы со сбором данных.

Лазерная техника.

**UL. RADZIONKOWSKA 17,
51-506 WROCLAW, POLAND**

tel/fax. 071-3466684

e-mail: lasertex@lasertex.eu

Лазерный интерферометр **HPI-1GHz**

Руководство по эксплуатации

издание А

Вроцлав - 2011

www.lasertex.eu



ВСТУПЛЕНИЕ	1-1
<i>СООБРАЖЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ</i>	<i>1-2</i>
<i>ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ.....</i>	<i>1-3</i>
ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ.....	2-1
<i>ПРАВИЛА ЛАЗЕРНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ</i>	<i>2-1</i>
<i>КОНСТРУКЦИЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ</i>	<i>2-3</i>
<i>ТОЧНОСТЬ ЛАЗЕРНЫХ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ.....</i>	<i>2-9</i>
ПРИГОТОВЛЕНИЯ.....	3-2
<i>УСТАНОВКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ</i>	<i>3-3</i>
<i>ЭЛЕМЕНТЫ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ.....</i>	<i>3-12</i>
<i>ПРИГОТОВЛЕНИЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА К РАБОТЕ</i>	<i>3-15</i>
<i>ВКЛЮЧЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ</i>	<i>3-18</i>
<i>Запуск устройства</i>	<i>3-18</i>
<i>Запуск программного обеспечения.....</i>	<i>3-19</i>
<i>Исправление ошибок подключения.....</i>	<i>3-22</i>
<i>ПОЛУЧЕНИЕ ОСНОВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ СИСТЕМЫ.....</i>	<i>3-25</i>
<i>РЕЖИМ ЗАПИСИ.....</i>	<i>3-33</i>
<i>ИЗМЕРЕНИЯ С ПЛОСКИМ ЗЕРКАЛОМ - ОПЦИЯ.....</i>	<i>3-34</i>
ВЫРАВНИВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА	4-2
<i>ПРОЦЕСС ВЫРАВНИВАНИЯ ЛУЧА</i>	<i>4-7</i>
ИЗМЕРЕНИЯ - ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ	5-1
<i>ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ</i>	<i>5-1</i>
<i>ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ</i>	<i>5-2</i>
<i>ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ</i>	<i>5-5</i>

Меню - Файл.....	5-6
Генерирование CNC пути	5-7
Меню - Редактирование	5-10
Придел ошибки машины	5-11
Генерирование точек позиционирования	5-13
Конфигурация измерений позиционирования.....	5-14
Меню - Измерение	5-17
ПРОЦЕДУРА ИЗМЕРЕНИЯ	5-20
ИЗМЕРЕНИЯ - СКОРОСТЬ	6-1
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ	6-1
ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ.....	6-2
ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	6-5
ПРОЦЕДУРА ИЗМЕРЕНИЯ	6-11
ИЗМЕРЕНИЯ - ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ.....	7-1
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ	7-1
ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ.....	7-2
Угловое измерение прямолинейности.....	7-2
Измерения прямолинейности Волластона	7-6
ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	7-9
Меню Прямолинейность.....	7-11
Отчёты	7-13
ПРОЦЕДУРА УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ	7-16
ПРОЦЕДУРА ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ.....	7-20
ИЗМЕРЕНИЯ - ПЛОСКОСТНОСТЬ.....	8-1
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ	8-1
ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ.....	8-1
Выравнивание оптического пути по оси "1".....	8-6

<i>Выравнивание оптического пути по осям: “3”, “6”, “8”</i>	8-7
<i>Выравнивание оптического пути по осям: “5” и “7”</i>	8-9
<i>Выравнивание оптического пути по осям: “2” и “4”</i>	8-12
ИЗМЕРЕНИЯ – РITCH/YAW	9-1
<i>ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ</i>	9-1
<i>ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ</i>	9-2
<i>ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ</i>	9-5
<i>ПРОЦЕДУРА ИЗМЕРЕНИЯ</i>	9-10
ИЗМЕРЕНИЯ - ВИБРАЦИЯ	10-1
<i>ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ</i>	10-1
<i>ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ</i>	10-2
<i>ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ</i>	10-5
<i>ПРОЦЕДУРА ИЗМЕРЕНИЯ</i>	10-11
ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ	11-1
<i>СПЕЦИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ</i>	11-1
<i>ЛАЗЕРНАЯ ГОЛОВКА</i>	11-2
<i>ВЫХОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ - АНАЛОГОВЫЕ</i>	11-3
<i>ВЫХОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ – ЦИФРОВЫЕ, ТИП 1</i>	11-3
<i>ВЫХОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ – ЦИФРОВЫЕ, ТИП 2</i>	11-3
<i>ВЫХОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ – РАЗЪЁМ РАСШИРЕНИЯ</i>	11-4
<i>УСЛОВИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ</i>	11-5
<i>ПАРАМЕТРЫ ПИТАНИЯ</i>	11-5
<i>ИНТЕРФЕЙС РС</i>	11-6
<i>КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</i>	11-6

1

ВСТУПЛЕНИЕ

Лазерная измерительная система **HPI-1GHz** это двухчастотный лазерный интерферометр, предназначенный для использования в основном в измерениях геометрии машин и аппаратов. Система имеет малый вес и габариты, благодаря чему её легко переносить, а также является особенно удобной в обслуживании и использовании системных приложений. Версия для Windows 9x/NT/2k/XP и автоматизация многих процессов делают данный интерферометр лёгким в использовании. Программное обеспечение совместимо с ISO/DIS 230 и PN-93 M55580, и позволяет создавать рапорты и диаграммы. Можно выбрать статистическую обработку результатов в

соответствии с нормами: ISO 230-2 (Европейские), VDI/DGQ 3441 (Немецкие), NMTBA (США), BSI BS 4656 Part 16 (Британские) и PN-93 M55580 (Польские).

Лазерная измерительная система HPI-1GHz это легко конфигурируемое устройство и уже в базовой конфигурации она позволяет выполнять сложные измерения с максимально возможной точностью. Доступные опции будут описаны ниже в данном руководстве.

Очень высокие технические параметры интерферометра позволяют использовать его также в научных лабораториях, для точного позиционирования, для расширения оптических и магнитных прокладок и т.п.

Соображения безопасности

Лазерная измерительная система **HPI-1GHz** это продукт относящийся к I классу безопасности, разработан и протестирован в соответствии с международными стандартами безопасности. В целях

безопасности перед использованием устройства следует ознакомиться с инструкцией и проверить оборудование.

Предупреждения

Несмотря на то, что лазерная измерительная система **HPI-1GHz** спроектирована для работы в жёстких условиях, следующие пункты **должны** выполнены:

- Лазерной головки не должна находиться вблизи источников магнитного поля.
- Головку не следует отвинчивать от её основания, но если отвинчена, то она не может находиться на радиаторе (напр. толстая металлическая пластина). Головка **ни в коем случае** не должна падать или быть подверженной механическим повреждениям.
- Держите оптические компоненты в чистоте и защищайте от царапин.
- Если оптика загрязнена прочистите её спиртом.
- Не используйте систему на предельных режимах работы.

2

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ

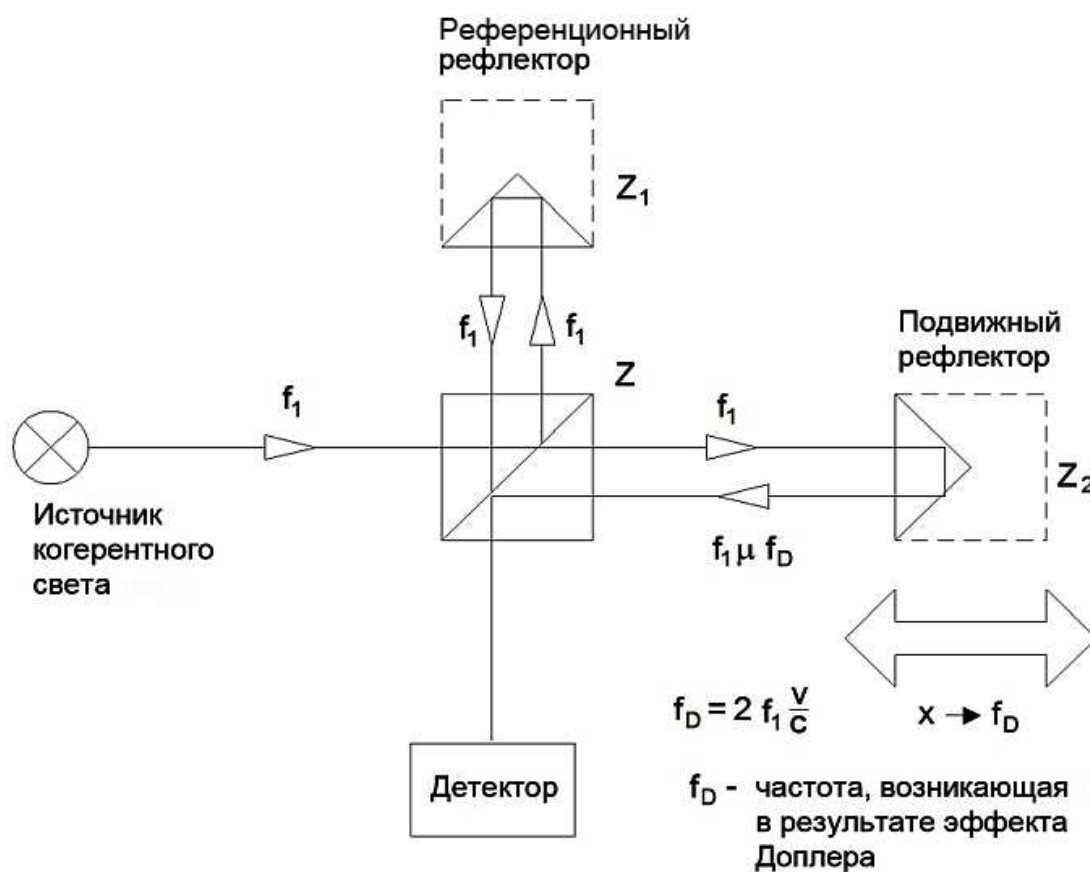
Правила лазерного измерения перемещения

Измерения перемещения с использованием лазерного интерферометра позволяет добиться точности измерения порядка 0.4 ppm в воздушной среде и 0.02 ppm в вакууме. Интерферометр впервые построил А.А. Майкельсон в 1881г. Упрощенная схема интерферометра показана на рис. 2.1.

Когерентный пучок света падает на полупрозрачное зеркало. Это зеркало разбивает свет на два луча. Первый устремляется к референционному рефлектору (Z_1) и отражается от него; второй направляется к подвижному рефлектору (Z_2) и отражается от него. Отраженные лучи вновь встретятся на детекторе. Так как эти лучи исходят из одного когерентного источника - они будут интерферировать. Когда подвижный рефлектор выполнит

перемещение, частота отраженного луча в измерительном канале измениться. Детектор рассчитывает разность частот отраженных лучей - f_D (см. рис. 2.1). Измеренная величина перемещения рассчитывается в соответствии с

$$L = f_D * \frac{\lambda}{2} = N * \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$



где: N – количество импульсов,

λ - длина волны света.

РИС.2.1. ИНТЕРФЕРОМЕТР МАЙКЕЛЬСОНА.

Конструкция интерферометров

Основным недостатком измерений интерферометром Майкельсона это то, что детектор не может определить, является ли f_D отрицательным или положительным, таким образом измерения смещения движущегося отражателя получаются без знака. В настоящее время широко используются два метода, которые позволяют получать также направление движения. В зависимости от количества частот света (длин волн), применяемых в интерферометре, первый называется *гомодинный* (одна частота) и второй *гетеродинный* (две частоты) метод.

В гомодинном методе, показанном на рис. 2.2, в качестве когерентного источника света используется линейно поляризованный лазер. Если это двухчастотный лазер (т.е. он генерирует две длины волны) то один режим следует выключить с помощью правильно установленного поляризатора. Поляризационный сплиттер разбивает световой луч исходящий от лазера на два пучка поляризованных вертикально (90°) и горизонтально (0°). Первый направлен по измерительному каналу, а позже попадает в референционный канал. Частота луча в измерительном канале меняется вместе с передвижением подвижного рефлектора. Поляризация отраженных

лучей меняется на кругообразную с использованием $\lambda/4$ волновой пластинки. После 0° и 45° поляризаций, получаются два сигнала сдвинутых по фазе. Сдвиг по фазе $+90^\circ$ получаем когда происходит передвижение в измерительном канале и -90° когда передвижение происходит от лазера.

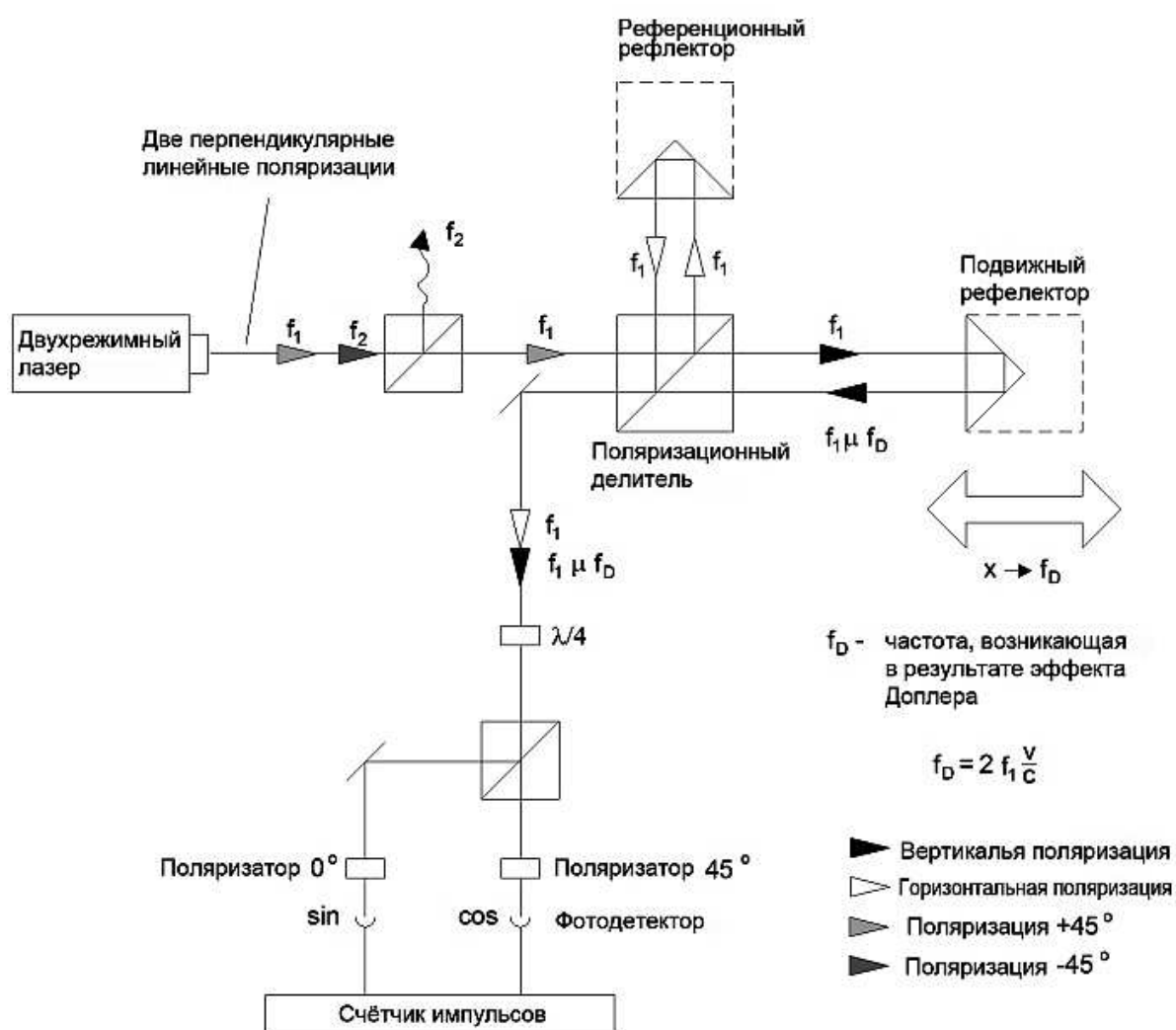
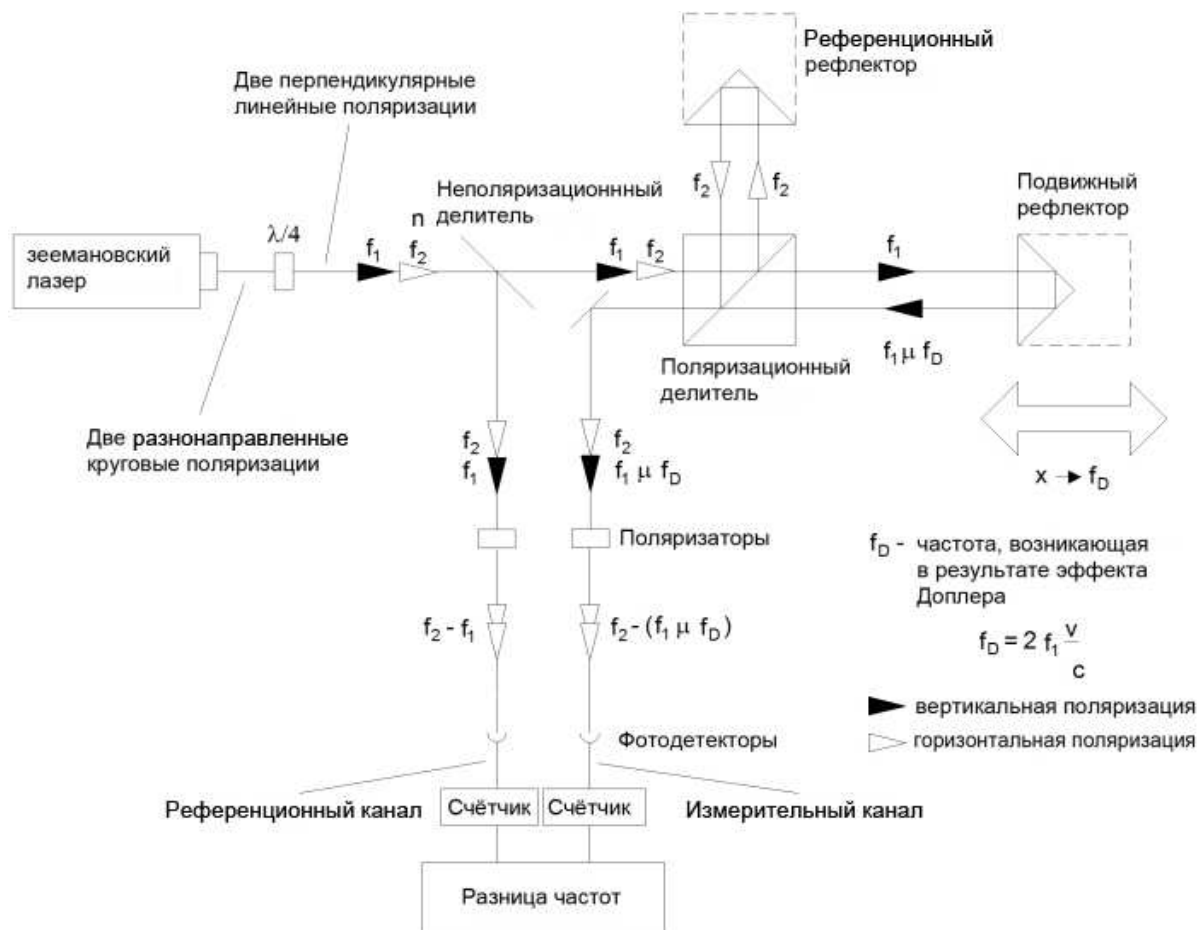


РИС.2.2. БЛОКОВАЯ СХЕМА РАБОТЫ ИНТЕРФЕРОМЕТРА РАБОТАЮЩЕГО ПО ГОМОДИННОМУ ПРИНЦИПУ

В гетеродинном методе, показанном на рис.2.3, используются две частоты лазера. Поэтому необходим двухчастотный лазер, например, лазер Зеемана. Двухчастотный лазер не подходит для интерферометра с гетеродинным принципом работы, потому что разница между f_1 и f_2 как правило, слишком высока для электронного счетчика. Выходной луч зеемановского лазера состоит из двух кругообразно поляризованных лучей, один поляризован влево, а второй вправо. Четвертьволновая пластина преобразует круговую поляризацию на линейную. Основное различие между двумя описанными способами состоит в том, что в гетеродинном методе частота одного луча в референционном канале отличается от частоты луча в измерительном канале. По-другому выглядит и система детекции – измерение происходит посредством сравнения разницы частот референционного канала и измерительного канала.

Гетеродинный метод даёт правильные результаты только когда f_D не превышает значения разницы частот $f_2 - f_1$ лазера. В практике эта разница, возникающая с доплеровского эффекта, равна около 1MHz, что ограничивает максимальную скорость передвижения измерительного плеча, в одном из направлений, до около 0.3 м/с. Очередной минус гетеродинного метода это обеих генерированных

частот, в то время как в гомодинном методе вторая частота может быть произвольно использована, напр. для измерения перемещения во второй измерительной оси..



**РИС.2.3. БЛОК СХЕМА ИНТЕРФЕРОМЕТРА, РАБОТАЮЩЕГО ПО
ГЕТЕРОДИННОМУ ПРИНЦИПУ**

Влияние окружающей среды на точность измерений

Как следует из формулы (1) единицей интерферометрического измерения длины является длина волны света. В соответствии с формулой

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2)$$

она зависит частоты лазера f и скорости света v на пути измерения. Если бы измерение проводилось в вакууме, то $v = c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Длина волны света в среде отличающейся от вакуума - короче и описывается формулой

$$v = \frac{c}{n} \quad (3)$$

где: n – коэффициент преломления.

При менее точных расчётах принимаем n как постоянную и зависит только от типа среды. В реальности значение коэффициента преломления зависит от множества факторов. В отношении к волне

света распространяющейся в воздухе наиболее важным является давление P , температура T и влажность H . Зависимость $n_{T,P,H}$, для воздуха с концентрацией CO_2 на уровне 300ppm, была определена Эдленом имперически и описана формулой

$$n_{T,P,H} - 1 = 2,8775 * 10^{-7} * P \frac{1 + 10^{-6} * P * (0,613 - 0,00997 * T)}{1 + 0,003661 * T} + \Delta n \quad (4)$$

$$\Delta n = -3,033 * 10^{-9} * H * e^{0,057627 * T} \quad (5)$$

С формул выше выводятся зависимости коэффициента преломления для выбранных параметров в нормальных условиях ($T=293\text{K}$, $P=1000\text{hPa}$, $H=50\%$):

$$\frac{\partial n}{\partial T} = -0,93 * 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{K}} \right]$$

$$\frac{\partial n}{\partial P} = +0,27 * 10^{-6} \left[\frac{1}{\text{hPa}} \right]$$

$$\frac{\partial n}{\partial H} = -0,96 * 10^{-8} \left[\frac{1}{\%} \right]$$

Следует заметить, что наиболее критическим фактором является температура, потому как её изменение на 1К влечёт на уровень выше изменения значения коэффициента n чем изменение давления на 1hPa и на два уровня выше чем изменение влажности на 1%.

Точность лазерных интерферометров

Ошибки в следствии изменения параметров окружающей среды

Причина наибольших ошибок интерферометрического лазерного измерения находится в конструкции самой обрабатывающей машине – в результате изменения температуры самой машины, обрабатывающих устройств, или обрабатываемого материала, значительно меняются её(их) габариты. В случае, напр. стали, изменение температуры части (детали) на 1°C вызывает её удлинение на 11.7µм на каждый метр её длины. Очень важным является точное измерение температуры подстилающей поверхности и учётывание её изменений в поправках. Не является это простым заданием по ряду причин: во-первых, детали с существенным влиянием на точность измерения(напр. обрабатываемый материал, или станина станка) создают проблемы с замером (напр. неоднородная температура станины, вращающийся обрабатываемый элемент); во-вторых замер деталей имеет временами характер который вызывает то, что изменение их длины является другое чем непосредственно указывающее с коэффициента температурной расширяемости – точное измерение только в том случае когда используются дополнительные

инструменты CAD/CAM; в-третьих, измеряемый элемент не обязательно должен быть из стали, потому как корректирующая система должна иметь в таблицах коэффициенты температурной расширяемости и для других используемых материалов.

В предыдущим пункте представлена была формула Эдлена описывающая как длина волны света в атмосфере меняется в зависимости от температуры, давления, влажности и химического состава окружающей среды. Глядя на то, что в интерферометрических измерениях длина волны света является основной единицей длины, её изменение влечёт появление существенных ошибок в измерениях. В приближении можно принять, что ошибка 1ppm (т.е. $1\mu\text{m}/\text{m}$) вызывает изменение температуры окружающей среды на 1°C , изменение давления 4hPa и изменение влажности на 30%.

Ошибка мёртвой трассы

Ошибка мёртвой трассы является ошибкой связанной с изменением условий окружающей среды во время измерений. Проще говоря, это ошибка которая появилась в результате отсутствия компенсации определённого отрезка лазерного луча и возникает когда меняются условия окружающей среды (влияя на длину волны) и когда

изменяется температура материала на котором установлен интерферометр и рефлектор (способствуя изменением расстояния между ними).

Область мёртвой трассы измерительного лазерного луча - это расстояние между оптическим интерферометром и базой (или началом отсчёта) позицией измерения (L_1 на рис.2.4). Если нет движения между интерферометром и рефлектором, а условия окружающей среды изменяются, тогда длина волны изменится на всей длине пути ($L_1 + L_2$). Изменение значения поправки коэффициента преломления вызовет в лазерной системе коррекцию только расстояния L_2 . Поправка не будет взята во внимание в области мёртвой трассы L_1 . Таким образом лазерная система мнимо передвинет базовую точку (точку отсчёта).

В дополнение к передвижению нуля в следствии изменения условий окружающей среды, похожая проблема появится когда изменится температура станины станка. При возрастании этой температуры изменится промежуток между интерферометром и рефлектором. Подобно к тому что описано выше, если система учтёт поправку связанную с изменением температуры подстилки, будет скорректировано изменение на длине L_2 . Изменение на длине L_1 не будет замечено вызывая мнимое передвижение базовой точки (точки

отсчёта).

Ошибка мёртвой трассы становится всё более важна, если увеличивается расстояние между интерферометром и нулевой точкой. Эта ошибка носит особенно острый характер в системах, в которых интерферометр уложен в один корпус с лазером, в этом случае, из-за разных причин, возникают большие трудности с минимизированием мёртвой трассы..

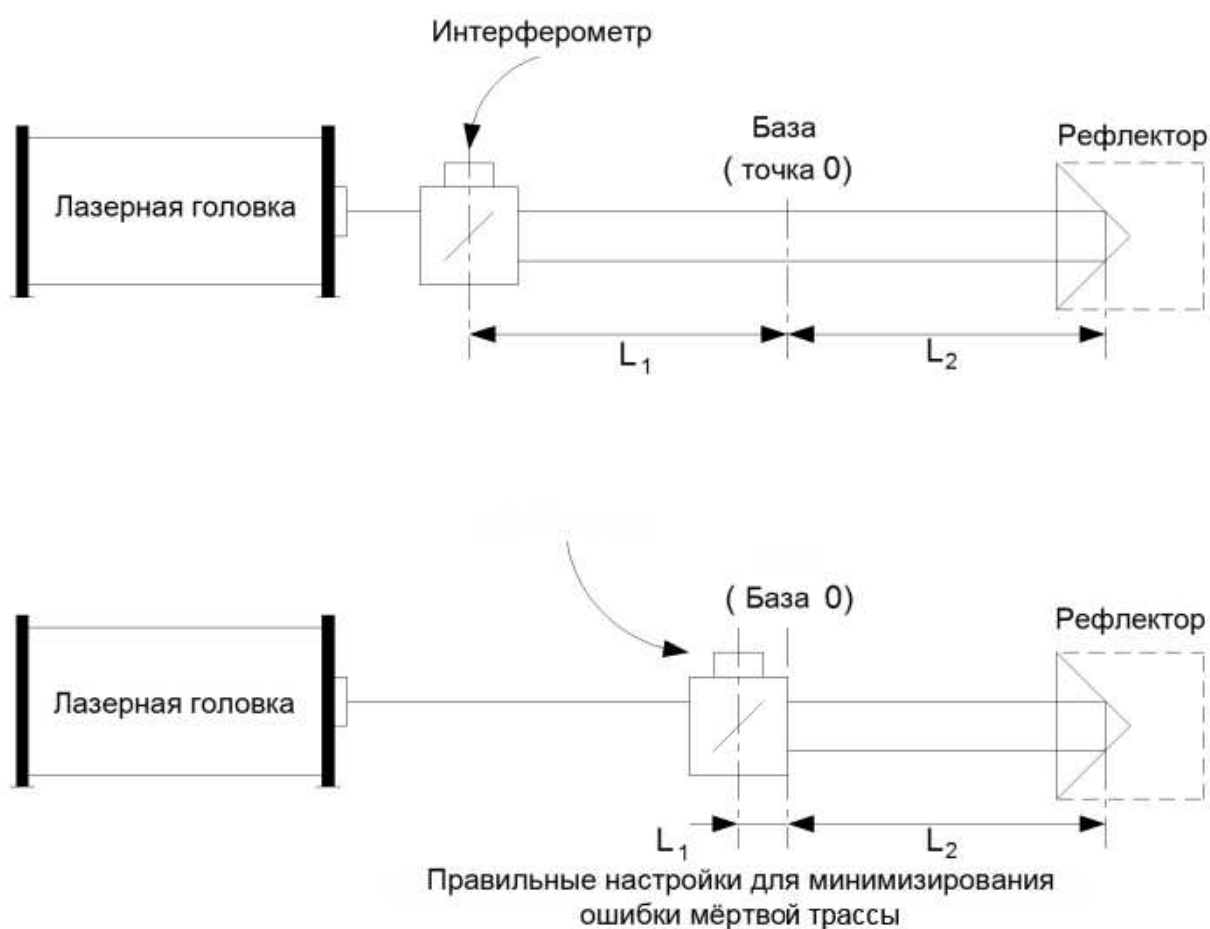


РИС.2.4. ИЛЛЮСТРАЦИЯ ОШИБКИ МЁРТВОЙ ТРАССЫ

Ошибка косинуса

Распараллеливание (расстройка) пути лазерного луча от оси движения обрабатывающего инструмента влечёт расхождение между измеренным расстоянием и фактически пройденным расстоянием. Эта ошибка расстройки известна под названием ошибки косинуса, где величина этой ошибки пропорциональна к углу между распараллеленными: лазерным лучом и осью движения.

Когда луч лазерного излучения не параллелен оси движения, ошибка косинуса влечёт, что измеренное расстояние будет меньше чем фактическое расстояние (рис. 9).

Если в качестве рефлектора используется плоское зеркало, лазерный луч должен быть перпендикулярен к этому зеркалу чтобы был параллелен. Если машина меняет положение от А к В, лазерный луч останется перпендикулярен к плоскости зеркала, но при этом будет перемещаться по его поверхности. Замеренное измерительной системой расстояние L_{LMS} будет меньше от фактически пройденного обрабатывающим инструментом пути L_M согласно с зависимостью

$$L_{LMS} = L_M * \cos \Theta \quad (6)$$

Зависимость (6) обязывает так же, если вместо рефлектора используется зеркальная призма.

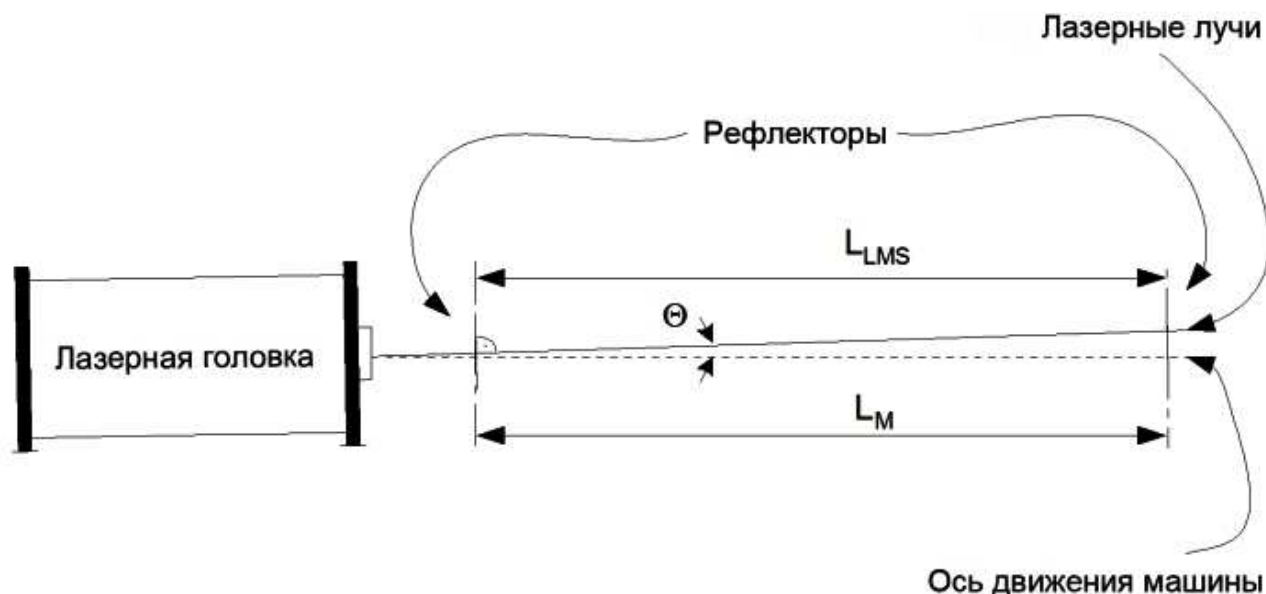


Рис. 2.5. Расстройка луча как причина появления ошибки косинуса.

Единственным способом исключения ошибки косинуса является проведение точной настройки системы перед началом измерения.

Ошибка Аббата

Когда обрабатывающий инструмент передвигается вдоль оси, леерные оградители исполняют две основные функции. Во-первых, удержание перпендикулярности движения; во-вторых, обеспечение безопасности устройства перед угловыми движениями (кручеными - рис. 10).

Ошибки возникающие из-за угловых движений непосредственно связаны с правилом Аббата, которое можно сформулировать так: максимальную точность можно достичь только тогда, когда образец измерений находится на линии с осью измеряемой части. Другими словами, ежели измерение передвижения проходит в месте отдалённым на определённое расстояние (т.н. сдвиг Аббата) от фактической точки перемещения, то фактическое расстояние будет отличаться от измеренного расстояния. На каждую секунду углового передвижения по дуге появляющаяся при этом ошибка равна около $5\mu\text{м}$ 1м сдвига.

Избежание ошибки Аббата возможно только тогда, когда рефлектор передвигают вместе с обрабатывающим инструментом.

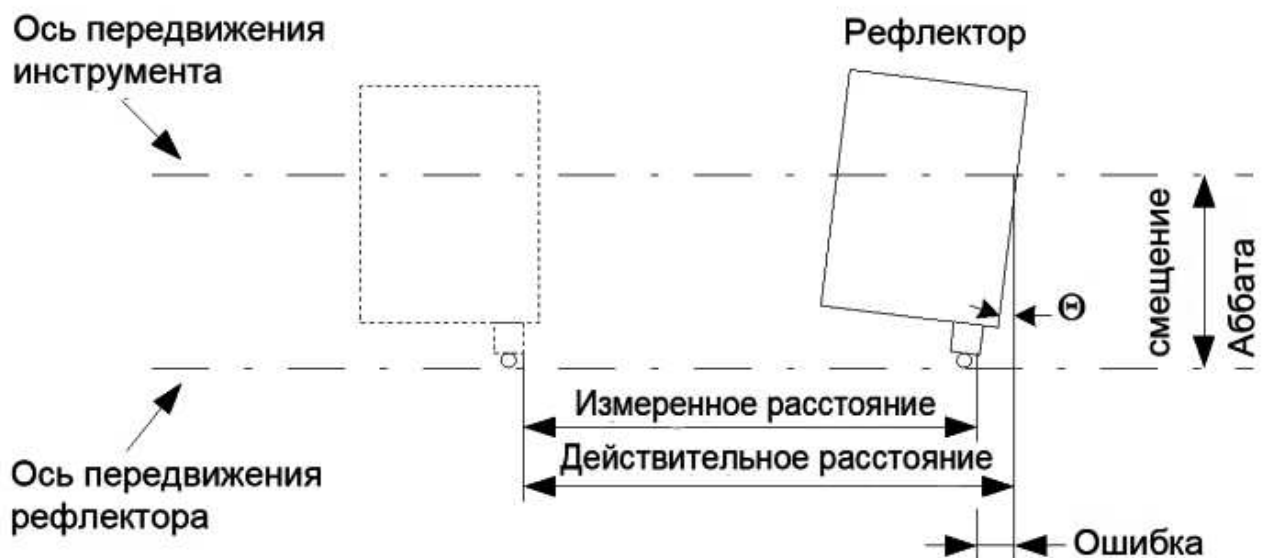


Рис. 2.6. Иллюстрация ошибки Аббата.

Ошибка стабильности лазера

Как уже не однократно вспоминалось, в интерферометрическом измерении длина волны лазера является образцовой величиной. Нестабильность лазера, или изменение генерированной длины волны во времени, переходит непосредственно на значение ошибки измерения, напр. Относительная стабильность лазера на уровне 1ppm (10^{-6}) вызывает появление на отрезке 1м ошибки $1\mu\text{м}$.

Ошибка стабильности лазера очень существенна при измерениях в вакууме, т.е. когда не имеют значение ошибки вызванные изменением условий окружающей среды, и в случае использования лазеров с низкой стабильностью (особенно полупроводниковых). Стабильность, используемых в измерительных лазерных системах, газовых He-Ne лазеров на уровне 10^{-8} позволяет избегать ошибки лазерной стабильности в общем подсчёте ошибок.

Другие ошибки

В некоторых условиях заметное влияние на точность измерений имеют ошибки связанные с электронной частью системы. По большому счёту электронная часть служит для подсчёта и отображения импульсов. В такой системе могут появиться только

случайные ошибки. Гораздо более грубые ошибки появляются при необходимости проведения определённых подсчётов, таких как напр. вычисление преобразований Фурье.

Вычисление ошибок измерительной лазерной системы

Чтобы показать какие из выше перечисленных источников ошибок наиболее влияют на точность измерения, на рисунках 11 и 12 проиллюстрирован подсчёт ошибок системы



Рис. 2.7. Подсчёт ошибок при наиболее грубой погрешности кондиционирования системы, без компенсации влияния атмосферы.

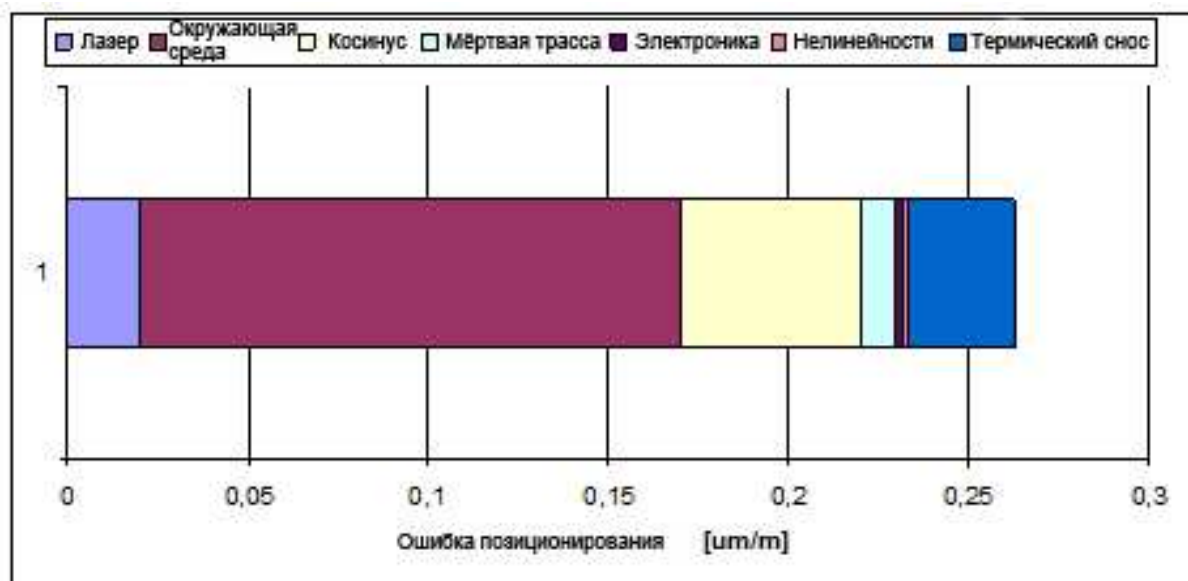


Рис. 2.8. Подсчёт ошибок при наиболее грубой погрешности кондиционирования системы, с компенсацией влияния атмосферы.

3

ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Чтобы начать измерения с помощью лазерного интерферометра **HPI-1GHz**, следует сначала установить программное обеспечение "*LSP Software*" на Ваш компьютер.

Системные требования:

- Windows XP/Vista/7 system,
- CR-ROM
- Процессор Pentium, 1 GHz или выше
- Видеокарта SVGA (позволяющая работать с разрешением 800x600)
- USB 2.0
- Bluetooth 2.0 для LSP30-3D Wireless – версии BT

- WiFi 802.11b/g для LSP30-3D Wireless – версии WiFi

Установка программного обеспечения

Программное обеспечение находится на CD, который прилагается к системе. Как только диск вставлен в компьютер, просматриваем содержимое и находим файл с названием LSP_Software_Install, а затем запускаем его. Процесс установки приложения и необходимых для его работы драйверов должен начаться автоматически.



Рис. 3.1. Иконка инсталляционного файла.

После запуска инсталляционного файла в появившемся окне программа предлагает выбрать нужные параметры для корректной установки. Чтобы система HPI-1GHz могла корректно работать, следующие компоненты (параметры) должны быть установлены (выбраны):

- программа LSP Software
- каталог для языков Languages

- Нех каталог с прошивкой для лазерной измерительной системы
- каталог FTDI Driver для USB
- каталог Documents с инструкцией и другими документами (в зависимости от версии системы)
- база данных BDE (Borland Database Environments)

Окно выбора языка установки показано на рис. 3.2.

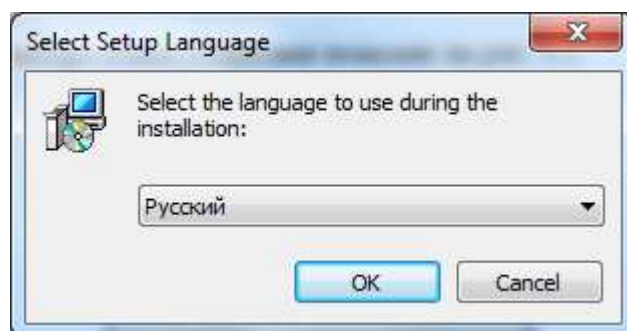


Рис.3.2. Выбор языка установки.

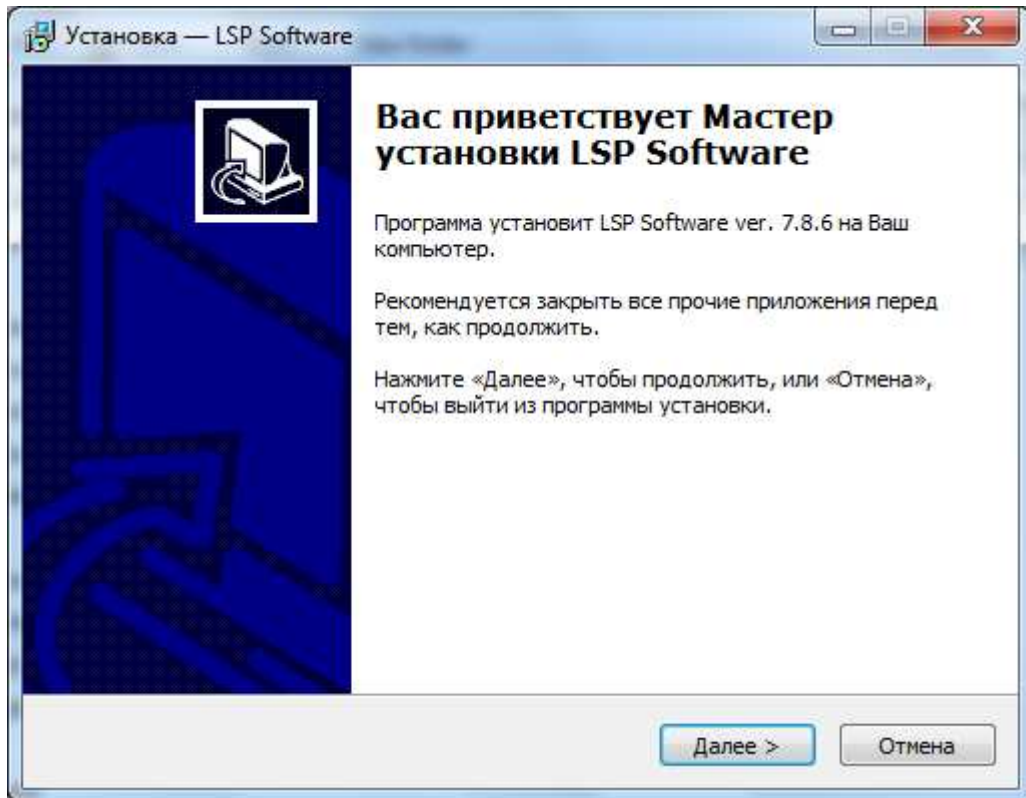


Рис.3.3. Окно приветствия.

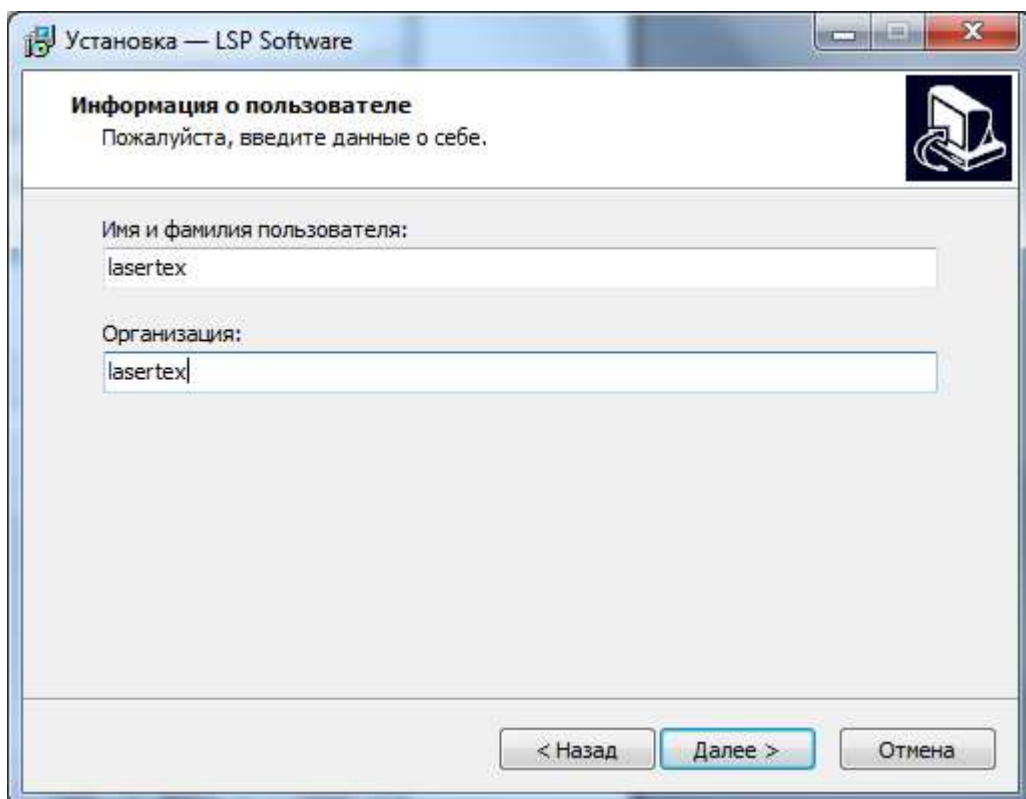


Рис.3.4. Окно информации о пользователе

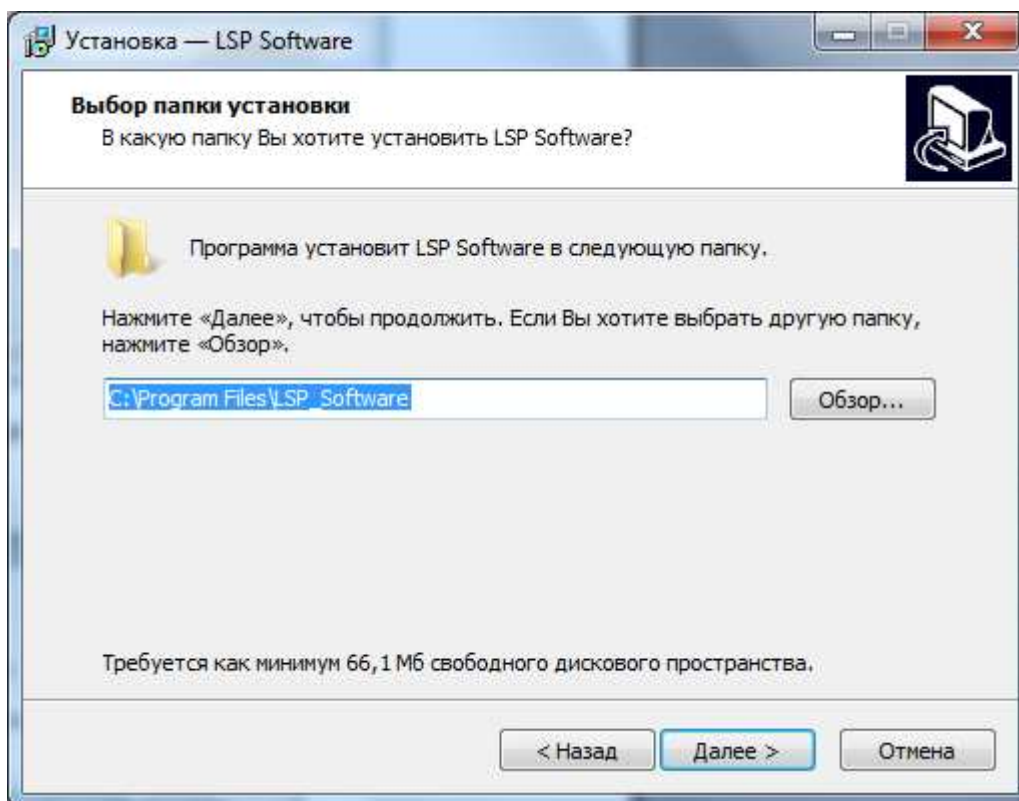


Рис.3.5. Окно выбора директории установки.

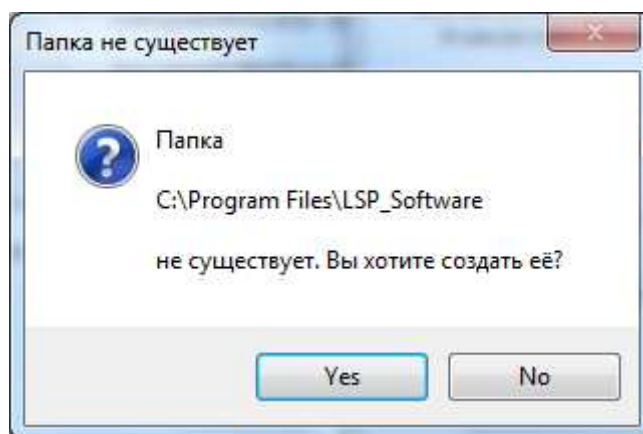


Рис.3.6. Окно появляется, когда папки с данным именем не существует в системе.

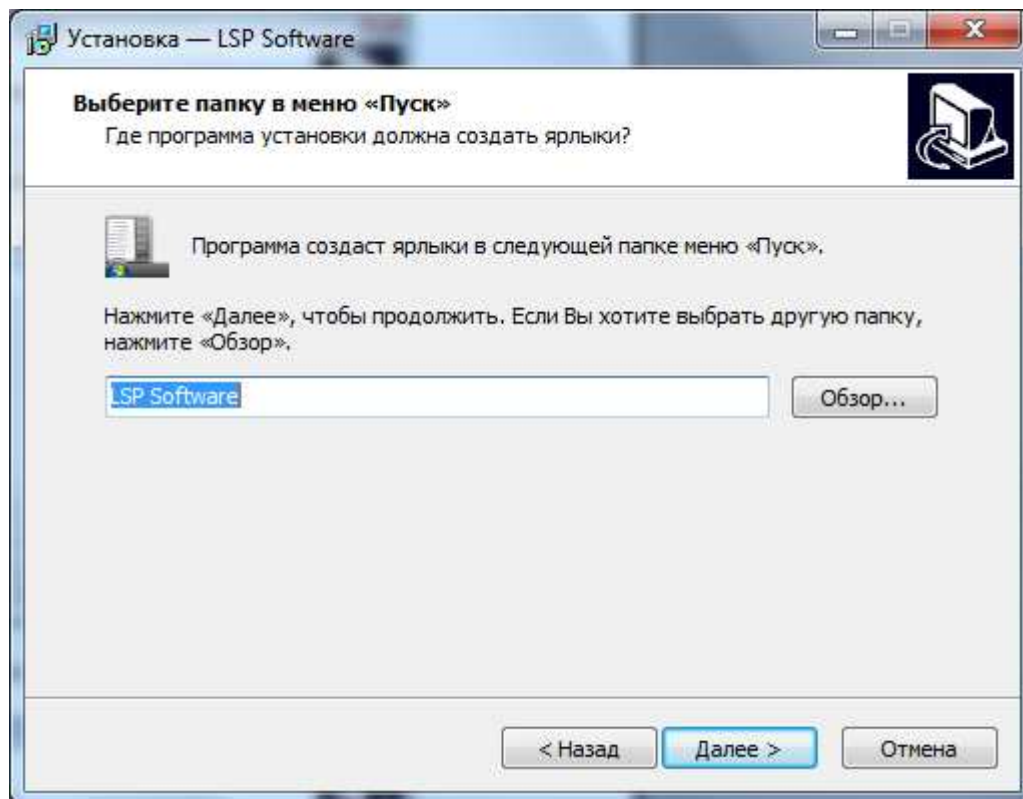


Рис.3.7. Окно выбора имени пользователя

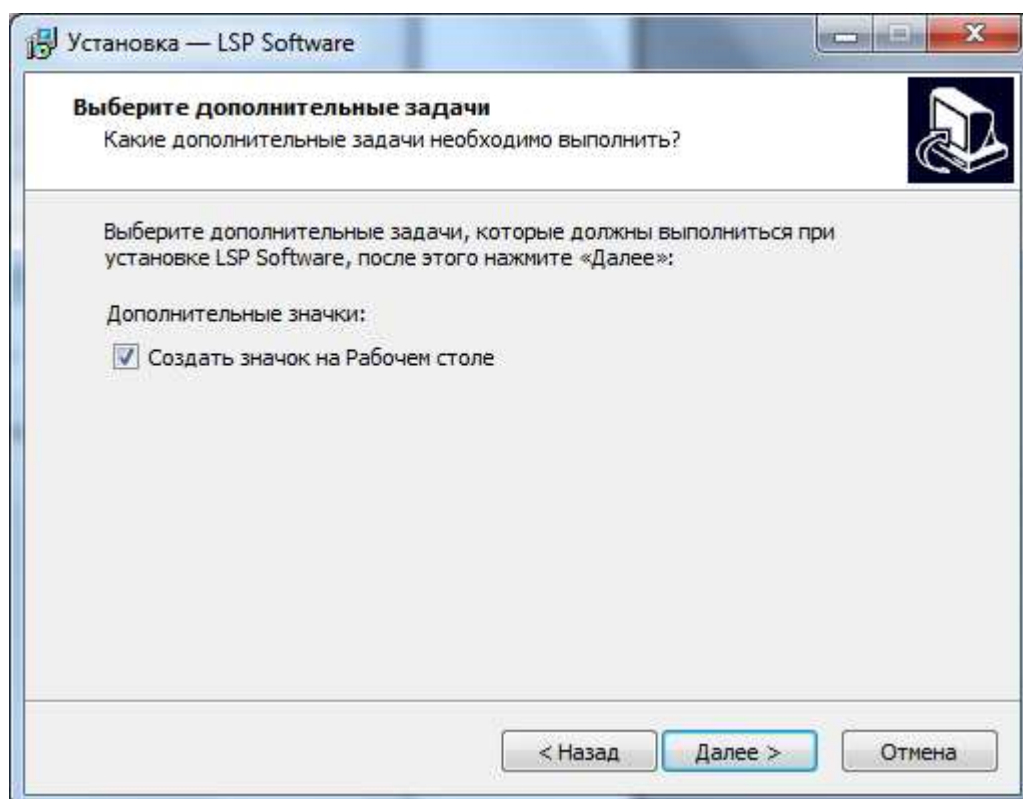


Рис.3.8. Окно установки ярлыка на рабочем столе

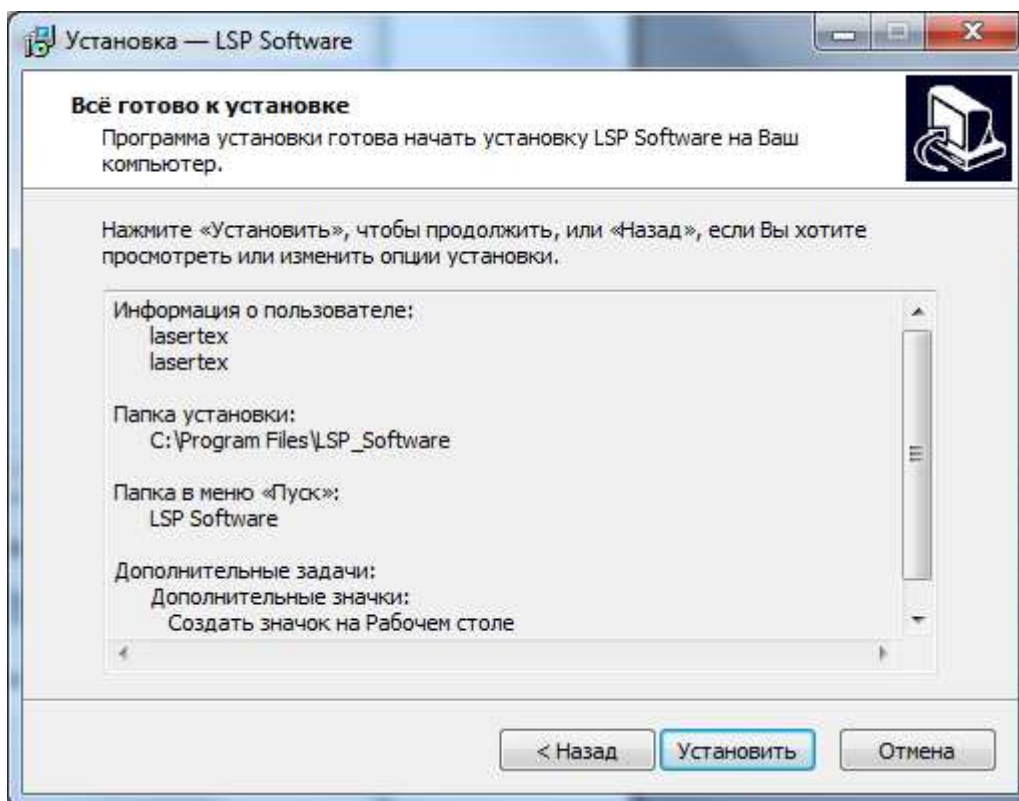


Рис.3.9. Окно с информацией об установке

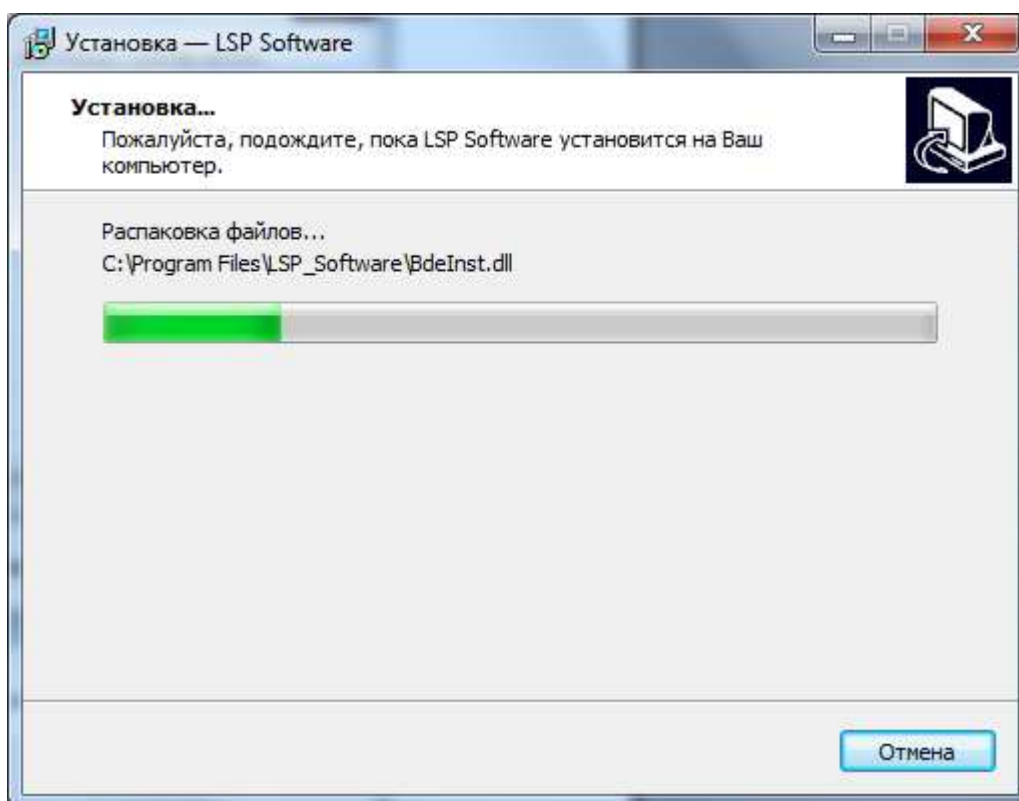


Рис.3.10. Окно процесса установки

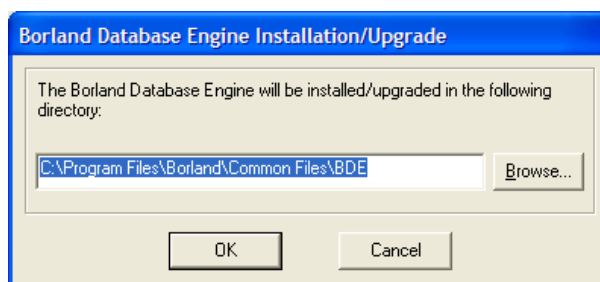


Рис.3.11. BDE (Borland Database Environment) окно к целевому каталогу

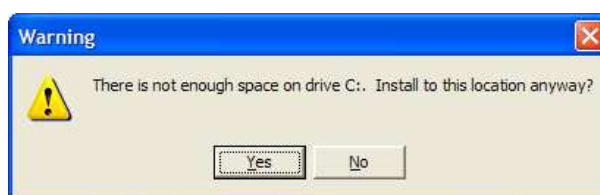


Рис.3.12. Окно где следует выбрать “Yes”

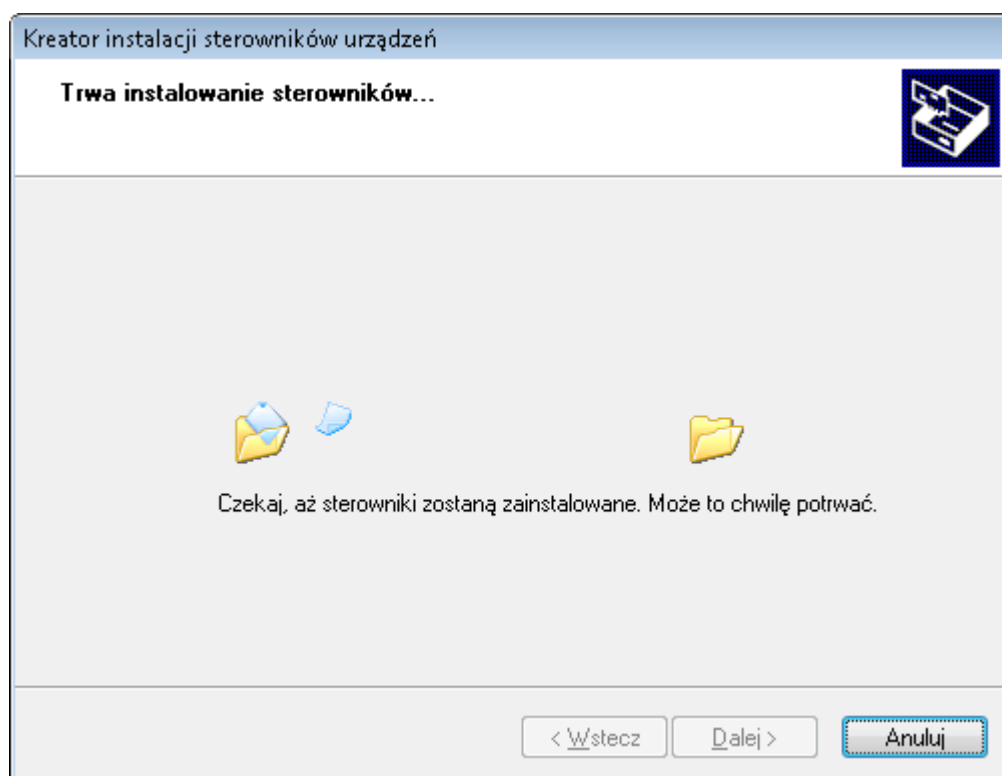


Рис.3.13. Установка драйверов FTDI

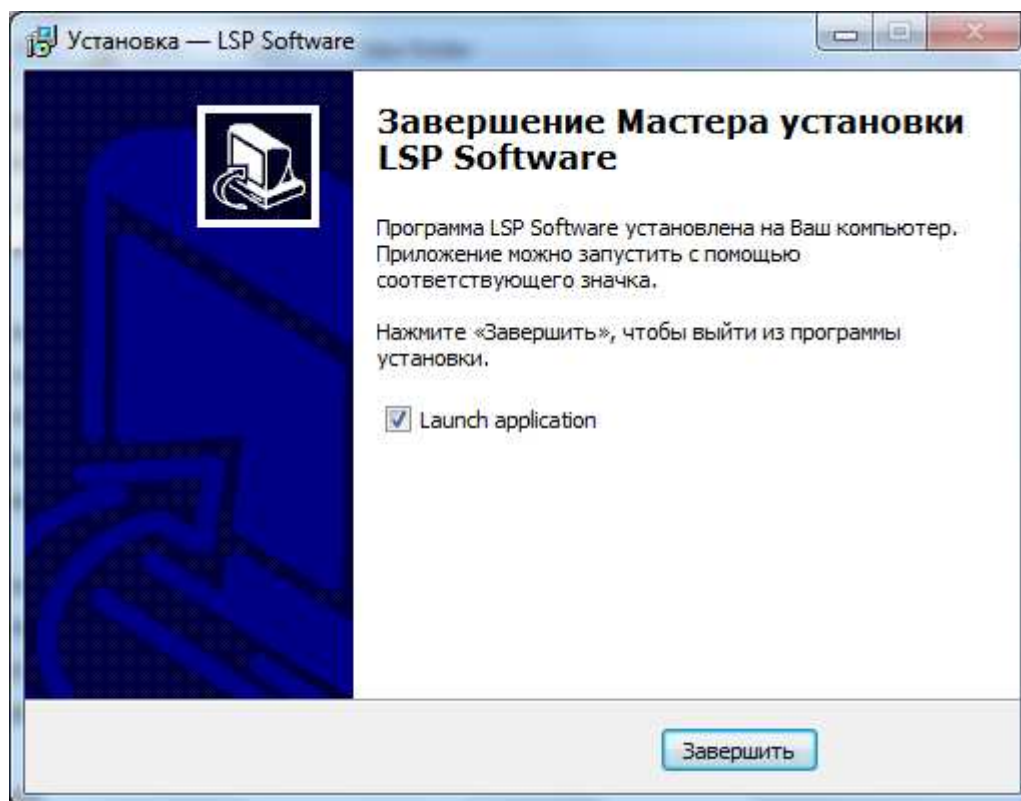


Рис.3.14. Окно окончания установки

В большинстве случаев установка полуавтоматическая и требуется только подтверждение ввода.

После установки приложение не следует запускать сразу же. Драйвера должны получить доступ к лазерной измерительной системе. Для этого система должна быть соединена кабелем USB к компьютеру, а затем следует подождать, пока система не найдёт устройство и Windows не согласует параметры.

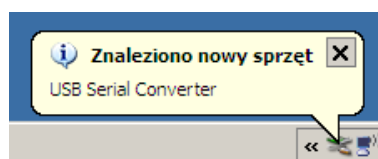


Рис.3.15. Сообщение появляется после обнаружения нового устройства USB.

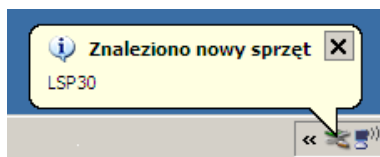


Рис.3.16. Сообщение появляющееся после соответствующего согласования драйверов устройств с HPI-1GHz.

Для запуска приложения смотри в меню Пуск Windows вкладку Программы, а затем нужно найти папку LSP Software (предполагается, что параметры установки не были изменены) и запустить LSP Software. Запуск приложения также может быть сделан с рабочего стола, если эта опция была выбрана во время установки.



Рис.3.17. Иконка программы LSP30-3D.

Для того, чтобы удалить приложение LSP Software, пожалуйста, выберите команду Удалить LSP Software из меню Пуск.

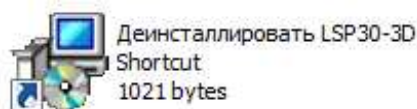


Рис.3.18. Иконка удаления программы LSP Software.

Элементы лазерной системы

Число элементов системы зависит от желаемого типа измерений. К стандартному набору (для линейных измерений) относятся:

1	Лазерная головка	
1	Блок питания	
1	Штатив	
1	Линейный ретро-рефлектор RL1	
1	Линейный интерферометр IL1	

3	Датчик температуры основания	
1	Датчик температуры воздуха	
1	ПДУ	
1	Магнитный держатель UM1	
1	Магнитный держатель UM2	

На рис. 3.19 показан внешний вид чемодана для транспортировки и хранения лазерной системы.

Дополнительные элементы для угловых измерений:

1. 1 х Угловой интерферометр **IK1**
2. 1 х Угловой ретро-рефлектор **RK1**
3. 2 х Лучеотражающее зеркало **ZK1**
4. 1 х Поворотный столик **SO1**



РИС.3.19. ЧЕМОДАН ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Приготовление интерферометра к работе

Лазерный интерферометр **HPI-1GHz** питается от автономного блока питания 24VDC/5A. Связь между компьютером осуществляется посредством USB интерфейса или Bluetooth интерфейса. USB порт является относительно быстрым, что даёт больше возможностей в некоторых измерениях (напр. Вибрация).

Перед началом измерений лазерную головку – "*Лазерный интерферометр*"(1) нужно разместить на *Штативе* (3) и подключить к блоку питания. Лазерную головку можно также разместить непосредственно на машине, используя сильные магниты, закреплённые на основании лазерной головки.

Если будет использовано USB соединение, тогда USB кабель (10) надлежит подключить в разъём на задней панели лазерной головки (рис. 3.21). Второй конец кабеля подсоединить к соответствующему USB порту на компьютере. Для Bluetooth не требуется подключать никаких кабелей.

Через разъем расширения можно управлять многими периферийными устройствами непосредственно из лазерной головки.

Это дает огромные возможности настройки использования лазерного интерферометра - например, в режиме эмуляции «glass scales», работы шагового двигателя, динамических измерений, и т.д. Все подробности этого разъёма описаны в технических данных в конце инструкции.



РИС.3.21. РАЗЪЁМЫ HPI-1GHZ.

В беспроводной версии HPI-1GHz нет привязанности к кабелям при использовании датчиков. Все датчики температуры работают по

беспроводному интерфейсу. Они не требуют технического обслуживания - они не требуют ни включения, ни зарядки. Они «проснуться» после того, как включиться блок питания и перейдут в режим гибернации, когда блок питания будет выключен.

ПДУ используется для контроля момента измерения либо вручную, либо автоматически в процессе динамического позиционирования (см. соответствующую главу). Срок работы датчиков более 30000 часов. Время работы на одной батарее 10000 часов. Под крышкой находится скрытая 1/2AA 3.6V литиевая батарейка (номер 14250), которую нужно заменить, когда указатель заряда батареи на экране дисплея (см. ниже в этой главе) показывает, что она разряжена.

Включение лазерной системы

Запуск устройства

HPI-1GHz имеет только один переключатель в верхней части лазерной головки. Запуск лазера возможен по нажатию и придержанию кнопки питания в течение 3 секунд (см. рисунок 3.21) или посредством программного обеспечения, нажав на нижнюю строку экрана на надпись "Лазер" (см. рис. 3,24).

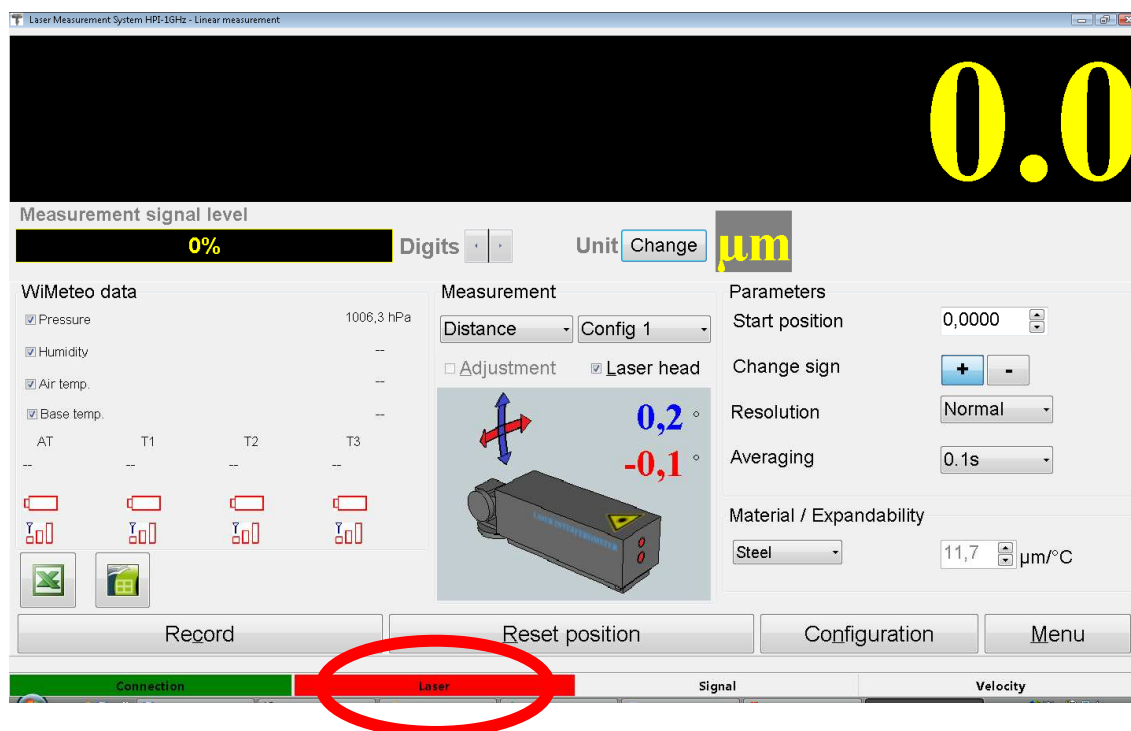


РИС.3.24. ВКЛЮЧЕНИЕ HPI-1GHZ

Запуск программного обеспечения

Когда программа запускается, появляется заставка (рис. 3.26). Нажатие F5 на клавиатуре компьютера или кнопки с надписью *Симулятор* активирует в программе режим имитации - подключение к устройству HPI-1GHz эмулируется, даже если оно физически подключено к компьютеру!

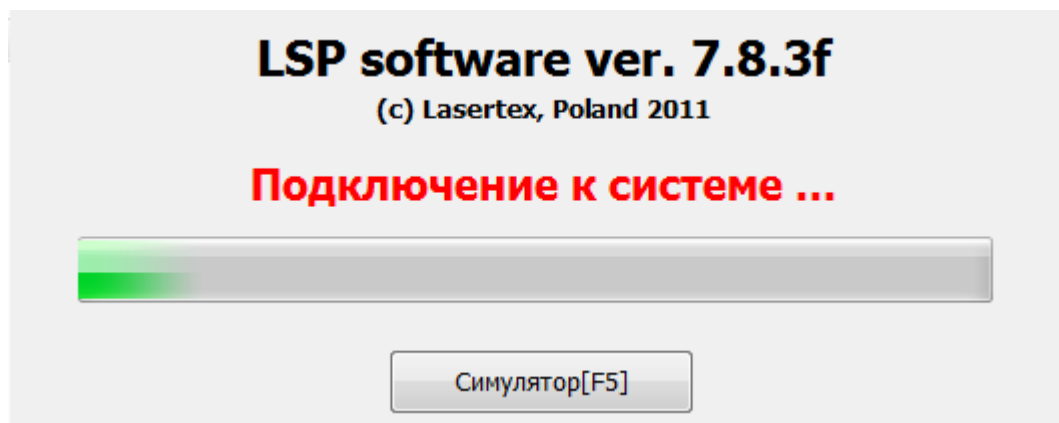


РИС.3.26. ЗАСТАВКА

После заставки появится экран (рис. 3.26), где показана полоска соединения. В правой нижней части показан интерфейс, через который программное обеспечение пытается получить соединение (см. красный кружок на рисунке 3.26). После установки программного обеспечения, первые запросы (по умолчанию) осуществляются через интерфейс USB. Когда установлено успешное соединение,

выполненное раньше чем были найдены другие интерфейсы, то первый «активный» интерфейс берется в качестве основного при следующих включениях программы.



РИС.3.26. ОКНО ПОДКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМЫ К ПК



РИС.3.27. ГЛАВНОЕ МЕНЮ

После соединения на экране появляется главное меню, как показано на рисунке 3.27. Есть два ряда кнопок. Кнопка *Экран* открывается окно с основными опциями контроля работы лазера. Кнопка *Конфигурация* открывает окно настройки. Нажатие на кнопку *Выход* закрывает приложение. Другие кнопки открывают окна измерений. Все опции подробно описаны в следующих главах. Из-за обилия типов измерений, предлагаемых НРІ-1GHz, некоторые из его опций не видны и появятся после нажатия на кнопки со стрелками во втором ряду.

Исправление ошибок подключения

Если программа запускается до включения питания или источник питания не подключен к компьютеру - на мониторе появится окно *Ошибка* (рис. 3.4). Чтобы избавиться от этой ошибки нужно выйти из программы, проверить подключение и/или блок питания интерферометра (диод питания должен гореть).

Если интерферометр не подключен к компьютеру появится окно ошибки "Невозможно открыть СОМ-порт. Проверьте настройки СОМ-порта". В этом случае проверьте соединение между компьютером и источником питания и выберите опцию конфигурации из главного меню.

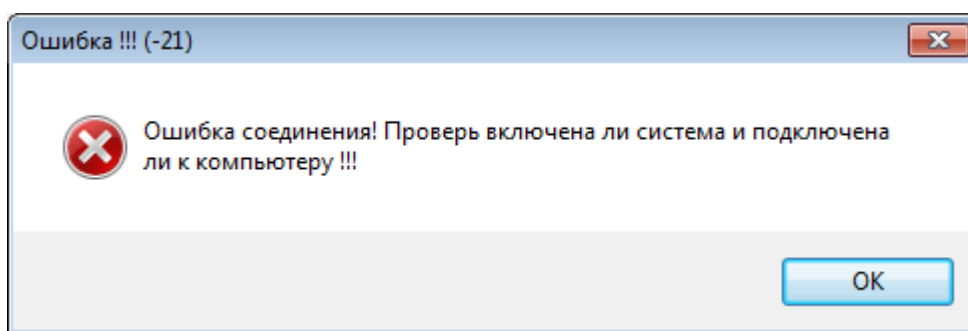


РИС.3.28. ОШИБКА, КОТОРАЯ МОЖЕТ ПОЯВИТЬСЯ ПРИ ЗАГРУЗКЕ
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В опции *Конфигурация* (рис. 3.29) пользователь может настроить HPI-1GHz и программное обеспечение в процессе

измерения. Например, можно изменить язык - после установки программа определяет какая языковая версия Windows установлена и на соответствующем языке открывает программу. В других закладках, из показанного ниже окна, пользователь может настроить множество параметров всех типов измерений доступных в системе. В эти закладки также можно попасть из других частей программы.

Пользователь может вынудить программное обеспечение переподсоединиться с лазером в выбранном им интерфейсе. Для того, чтобы сделать это, пользователь должен выбрать правильный коммуникационный интерфейс (USB, WiFi, Bluetooth или Simulator) и нажать кнопку *Переподсоединиться*. Через некоторое время соответствующее сообщение будет отображено (информация об успешном соединении или отказе).

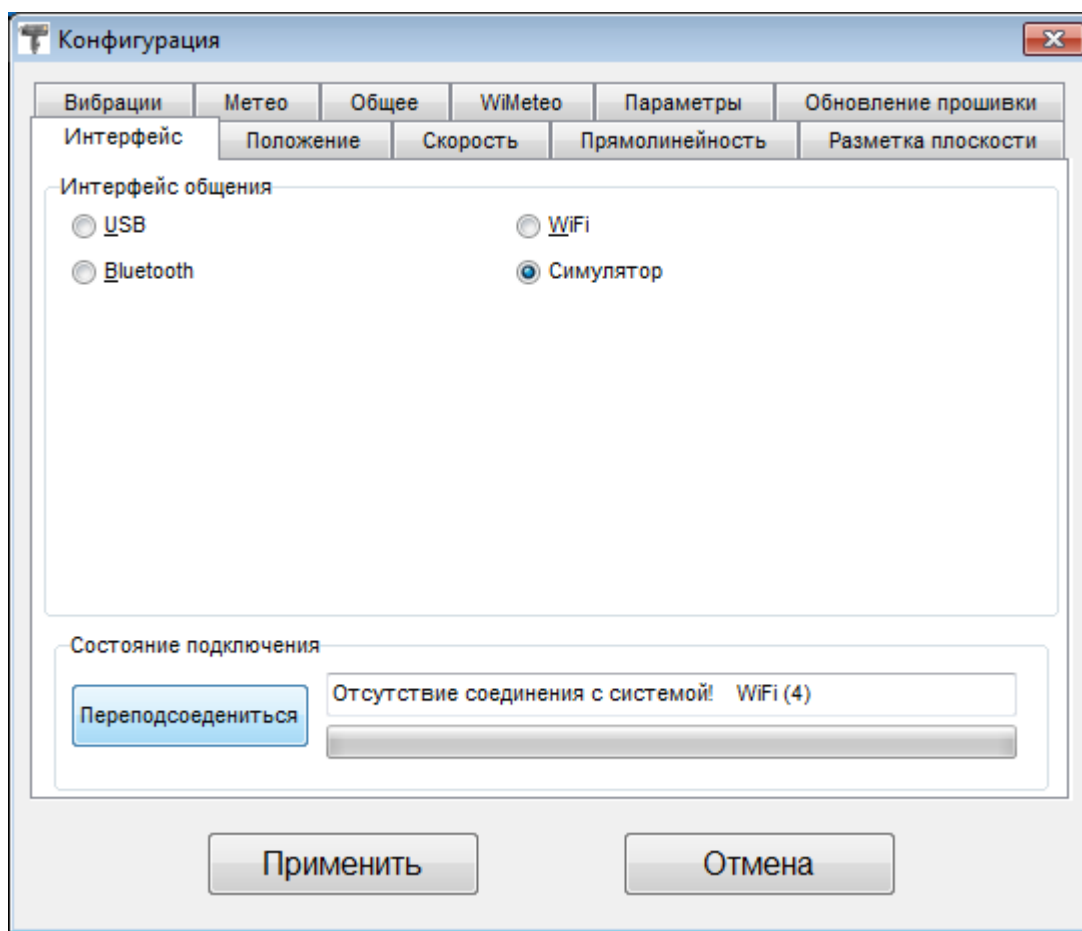


РИС. 3.29. ОКНО КОНФИГУРАЦИИ – ИНТЕРФЕЙС

Получение основной информации от системы.

После загрузки соответствующего программного обеспечения нужно выбрать опцию *Экран* из главного меню. Окно, показанное на рисунке 3.30 должно появиться. Лазерная система начнёт разогреваться. Если выходной пучок лазера правильно отражён на лазерную головку (например, при использовании ретро-рефлектора RL1) Уровень сигнала - зеленый индикатор на экране - будет появляться и исчезать. Скорость изменений станет меньше после увеличения температуры корпуса лазерной системы. Во время нагрева измерительная система готова для оптического выравнивания лазерного луча (см. главу 4).

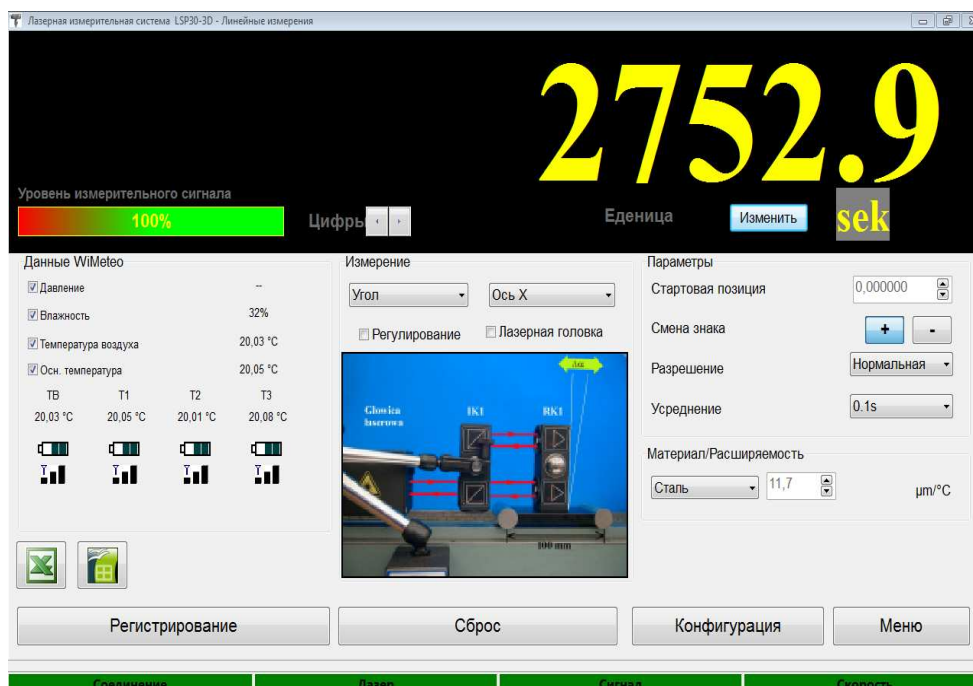


РИС.3.30. ОКНО ПРОГРАММЫ

В окне Экран находятся четыре рабочих панели:

Панель, содержащую цифровые результаты измерения (рис.3.31), индикатор уровня сигнала и кнопки для изменения количества отображаемых цифр и для изменения единиц измерения. Количество значащих цифр на дисплее может быть изменено с помощью кнопок $\uparrow \downarrow$, нажав кнопку с надписью *Изменить* изменятся единицы измерения, показанные на экране. В левом нижнем углу находятся ярлыки со ссылкой на Microsoft Excel или Open Office Calc (если установлены). Клик мышкой по этой ссылке позволяет записывать измерения в ячейки Excel при каждом нажатии кнопки на ПДУ.



РИС.3.31. ПАНЕЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ

Панель *Метео данные* (рис. 3.32), где показаны данные, полученные от группы датчиков, компенсирующих влияние окружающей среды. На Экране показаны: температура,

давление и влажность атмосферы (влажность, давление и температура воздуха). Температура измеряется тремя базовыми датчиками (средняя темп., T1, T2 и T3.). Показана также средняя температура базы измеренная тремя датчиками. Есть два типа этой панели в зависимости от версии LSP Software. Существуют различные панели для беспроводной версии.

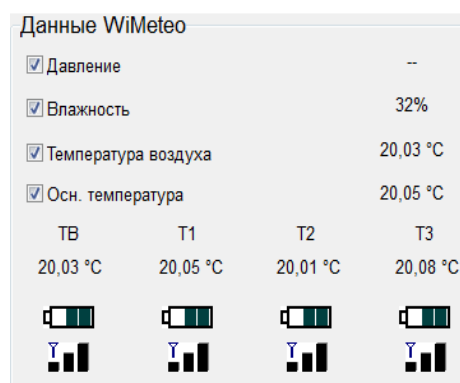


РИС.3.32. ПАНЕЛМ МЕТЕО: БЕСПРОВОДНЫЕ ДАТЧИКИ

Панель *Измерение* (рис. 3.33) содержит основную информацию о проведенных измерениях.левой кнопкой можно изменить тип измерений. Правая используется для выбора оси измерения. На каждое изменение варианта измерения (т.е. расстояния, скорости, угла, прямолинейности) и/или изменение оси измерения (например, X, Y, Z), рисунок показывает расположение оптических элементов на экране. Щелчок левой

кнопкой мыши в области рисунка вызывает справку по теме оптического согласования элементов. Панель *Измерение* также содержит опцию регулировки. Эта опция очень полезна в процессе выравнивания оптического пути луча (см. главу 4).

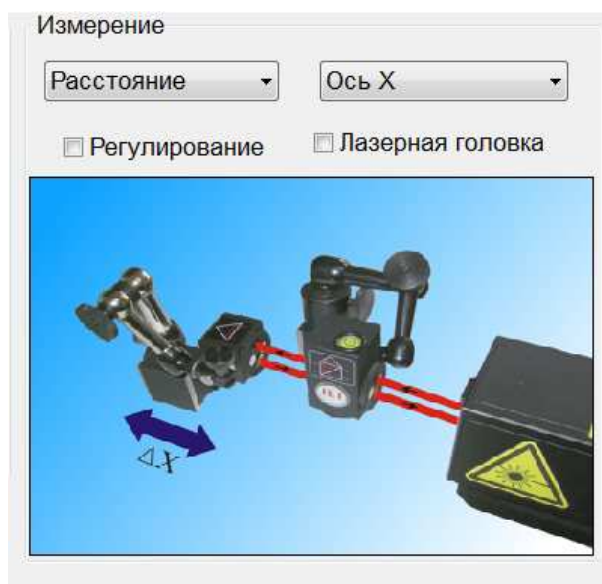


РИС.3.33. ПАНЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЙ

Панель *Параметры* (рисунок 3.34) содержит несколько опций. Опция *Регистрация* позволяет увидеть увеличилось ли расстояния между ретро-рефлектором и интерферометром и показывает положительный (по умолчанию "+") или отрицательный результат на дисплее. В опции *Материал* можно выбрать материал, из которого изготовлена основа машины. Значение коэффициента теплового расширения основания используется для расчета реального значения сдвига (т.е.

измеряемой величины по отношению к температуре 20 ° C).
 Опция *Пользователь* позволяет ввести любое значение коэффициента теплового расширения. На панели *Разрешение* можно переключаться между высокой (10 нм) и низкой (100 нм) системами разрешения. В более высоком разрешении принято, что скорость движения строго ограничена (см. главе Технические данные). На панели *Метео данные* можно управлять данными группы датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - ECU. С консоли компьютера можно отключить данные, поступающие от этих датчиков и вписать параметры атмосферы вручную.

Параметры

Стартовая позиция: 0,0000

Смена знака: + -

Разрешение: Нормальная

Усреднение: 0.1s

Материал/Расширяемость

Сталь 11,7 $\mu\text{m}/^{\circ}\text{C}$

РИС.3.34. ПАНЕЛЬ ПАРАМЕТРОВ

Строка состояния (рис. 3.35) показывает состояние лазерной головкой и состояния измерений. Есть четыре поля: подключение, лазер, сигнал и скорость сигнализации состояния каждого из элементов. При правильной работе они должны быть зелеными. В таблице 3.1 показаны возможные состояния полей.

Имя поля	Состояние	Описание	Принимаемые меры
Соединение	Красный	Отсутствует соединение с лазером	Нажмите на соотв. поле, чтобы открыть окно Конфигурация. Перезапустите соединение.
	Зелёный	Лазерная головка подключена верно	Никаких действий не требуется
Лазер	Красный	Лазер выключен	Нажмите на соотв. поле, чтобы включить
	Красный – мигающий	Лазер включен, но не готов к работе	Ожидайте, пока закончится preparatory cycle
	Жёлтый	Лазерная головка вблизи к нестабильной области	Остановите проводимые измерения и нажмите на соотв. поле чтобы система нашла новую рабочую точку
	Зелёный	Лазер работает корректно	Никаких действий не требуется
Сигнал	Красный – мигающий	Интенсивность луча слишком низкая	Используя индикатор уровня сигнала, установите оптические элементы так, чтобы сигнал стал достаточно интенсивным, затем нажмите на соотв. поле чтобы сбросить ошибку
	Зелёный	Интенсивность луча в норме	Никаких действий не требуется

Скорость	Красный – мигающий	Скорость передвижения слишком высока	Нажмите на соотв. поле чтобы сбросить ошибку
	Зелёный	Скорость передвижения в норме	Никаких действий не требуется

РИС.3.35. Строка состояния

Когда измерения выполняются с автоматической компенсацией параметров атмосферы и компенсацией температур базы, необходимо:

- Разместить датчики температуры воздуха и влажности THS на машине в непосредственной близости от лазерного луча.
- Разместить датчики температуры основы вдоль оси измерения на основе машины.

Измерения, выполняющиеся без автоматической компенсации, относятся к стандартным условиям: температура 20°C, давление 1013,25 гПа, влажность 50%. Стандартная температура для компенсации расширения материала может быть изменена в *Конфигурация / Панель Метео* (см. рисунок 3.36).

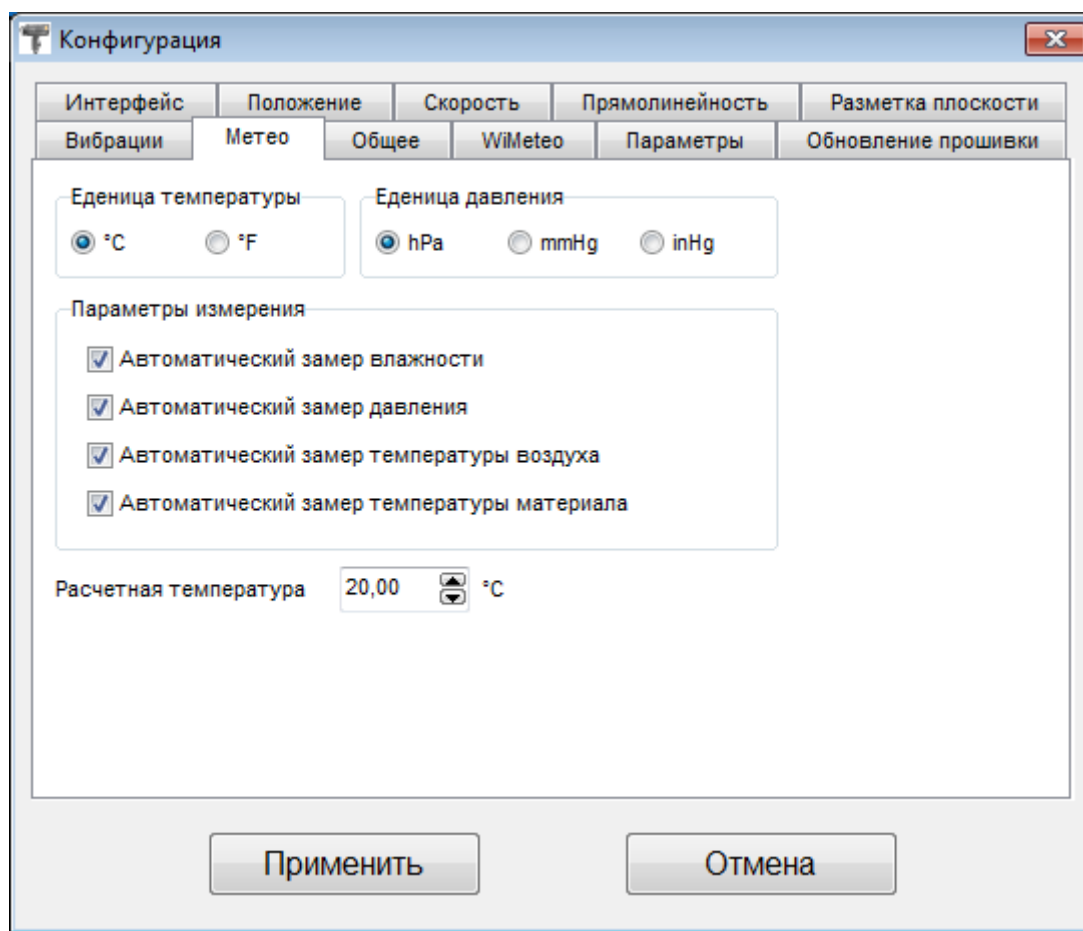


РИС. 3.36. ОКНО КОНФИГУРАЦИИ – ПАНЕЛЬ МЕТЕО

Режим записи

Долгосрочные изменения длины осей станка при изменении температурного режима может дать информацию о тепловых свойствах машины. Такое измерение называется "Режим записи" и выбирается путем нажатия кнопки *Запись* в окне *Экран*. Это переводит систему в режим записи данных. Временной интервал записи можно изменять с компьютера выбирая требуемые значение.

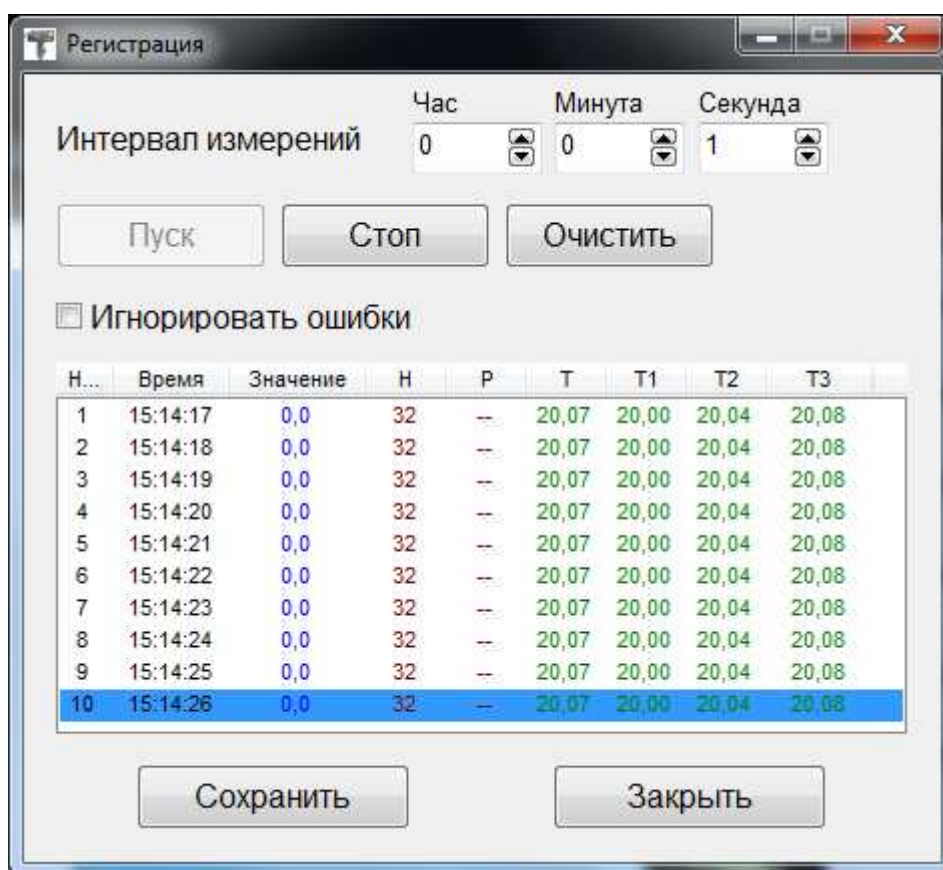


РИС.3.37. ОКНО ЗАПИСИ ДАННЫХ

При нажатии кнопки "Конец записи" завершается запись данных. Результаты можно сохранить, нажав "Сохранить в файл". На рис. 3.37 представлен пример записи данных .

Измерения с плоским зеркалом - опция

Измерения с использованием плоского зеркала позволяют измерять перемещение, скорость, позиционирование и колебания плоской поверхности. Поверхность должна иметь зеркальную гладкость (λ гладкости поверхности /8) и коэффициент отражения не менее 50%. Алюминий, золото или диэлектрическое зеркало предлагается крепить к подвижной части. Существуют две возможные конфигурации: двухпроходная рис. 3.38 и однопроходная рис. 3.39. Разрешение в двухпроходной конфигурации получается в два раз выше, чем в однопроходной. Установка системы состоит из соответствующей расстановки лазерной головки, интерферометра FMI с плоским зеркалом и непосредственно самого плоского зеркала. В программе нужно выбрать однопроходную / двухпроходную конфигурацию чтобы получить правильный результат измерения.

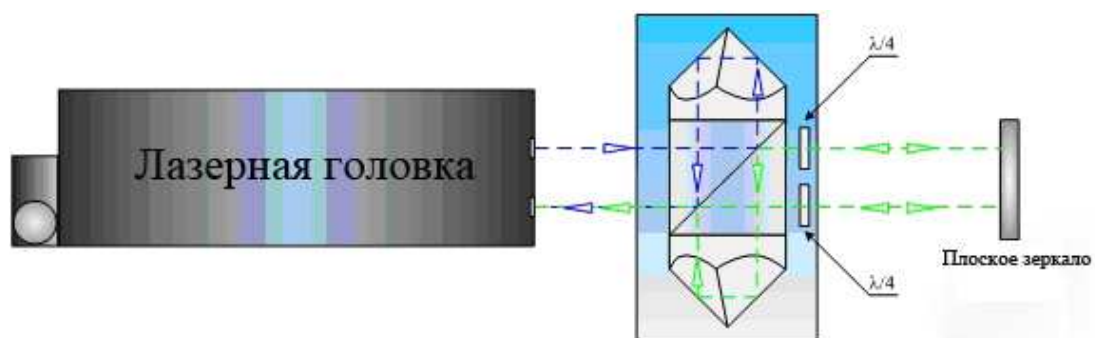


РИС. 3.38. ДВУХПРОХОДНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР С ПЛОСКИМ ЗЕРКАЛОМ

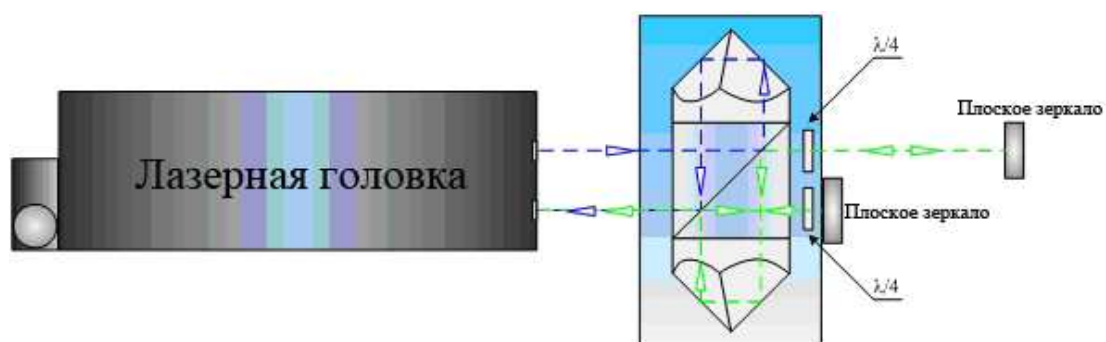


РИС. 3.39. ОДНОПРОХОДНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР С ПЛОСКИМ ЗЕРКАЛОМ

4

ВЫРАВНИВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА

Выравнивание оптического пути является наиболее сложной и трудоемкой частью всего процесса измерения. Будьте очень внимательны, читая эту главу!

HPI-1GHz обеспечивает уникальные функции: *Согласование* и *Выравнивание лазерной головки*, которые очень удобны при выравнивании лазерного луча. Процесс выравнивания луча, в котором пользователь, с использованием определенных механических устройств, выбирает направление лазерного луча параллельно направлению движению в измеряемой оси. Если луч не правильно выровнен, может получиться эффект, который показан на рис.4.1, то есть положение луча возвращающегося на детектор лазерной головки от движущегося ретро-рефлектора может меняться в зависимости от

его положения из-за ошибки косинуса (см. главу 2) и / или смещения оптического пути (прерывание луча).

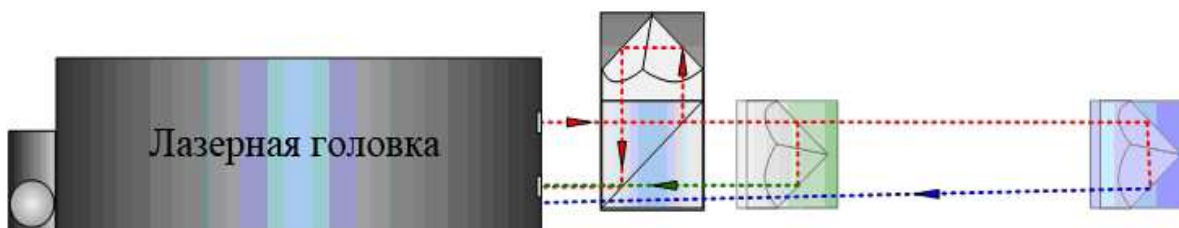


РИС.4.1.А ИЛЮСТРАЦИЯ СОГЛАСОВАНИЯ ЛУЧА

Выравнивание оптических элементов должно проводиться с использованием опции *Экран*. Процедура проводится при нагреве лазерной головкой. Окончательная проверка должна быть сделана, когда система готова к работе.

Лазерную головку необходимо прочно прикрепить к штативу. Штатив не должен касаться машины, так как это может вызвать вибрацию лазерной головки и смещение оптического пути. Следует обратить особое внимание на неподвижность штатива во время измерений, в противном случае это приведет к сдвигу элементов на оптическом пути, а также к необходимости повторения процесса выравнивания.

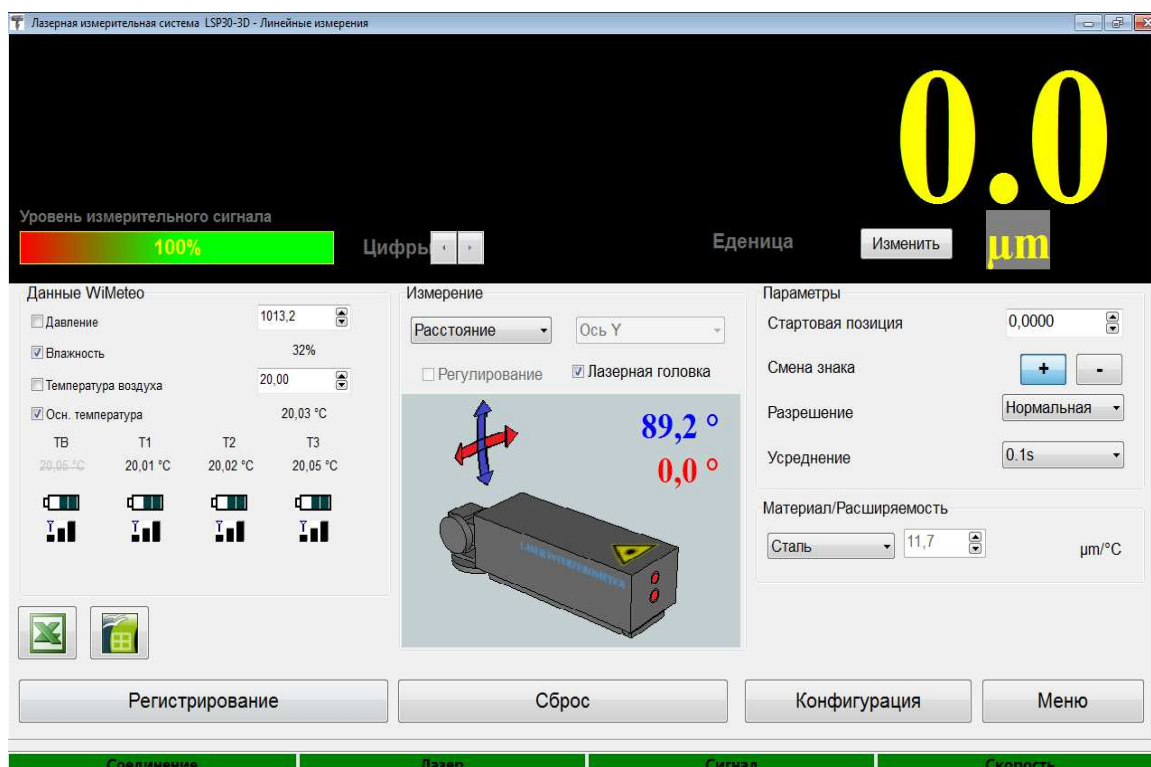


РИС. 4.1.В ИЛЮСТРАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ

Соответствующее расположение штатива упрощает настройку оптического пути. Проверку его положения можно сделать с помощью *уровня*, который расположен на штативе. Угловой наклон лазерной головки устанавливается с помощью функции *Лазерная головка*. Штатив необходимо выровнять и после этого при использовании этой функции положение лазерной головки нужно установить в соответствии углом измерения пути. В большинстве случаев лазерная головка работает горизонтально. В особых случаях, когда путь измерения проходит под наклоном, нужно выбрать соответствующий угол наклона лазерной головки. Угол поворота

лазерной головки должен быть установлен в нулевой позиции (90 градусов в отдельных случаях). Перегородка на передней панели лазерной головки помогает при выравнивании лазерного луча.

Перегородку можно разместить в двух положениях:

- «Выравнивание» - лазерный луч выходит через отверстие в перегородке диаметром 2 мм,
- «Измерение» - лазерный луч выходит через отверстие в перегородке диаметром 8 мм,



**РИС.4.1.С ПОЛОЖЕНИЕ ПЕРЕГОРОДКИ. А) ИЗМЕРЕНИЕ,
В) ВЫРАВНИВАНИЕ**

Во время транспортировки или когда система не используется, правильное положение диафрагмы – крайнее левое. В этом положении

оптика застрахована от возможного загрязнения, пыли и повреждений во время транспортировки.

Процесс выравнивания луча

1. В опции *Экран* программы надлежит выбрать тип измерения, и оси, по которым измерения будут проводиться. На экране появится чертеж с рекомендуемым расположением измерительных элементов в соответствии с выбранным типом измерений. (рис. 3.6).

2. Линейный интерферометр IL1 и ретро-рефлектор RL1 устанавливаются на магнитных держателях UM1, UM2. Регуляторы на держателе (см. рис. 4.2а, б, в) лазерной головки должны быть установлены в центральную позицию, чтобы обеспечить максимальный диапазон регулирования.

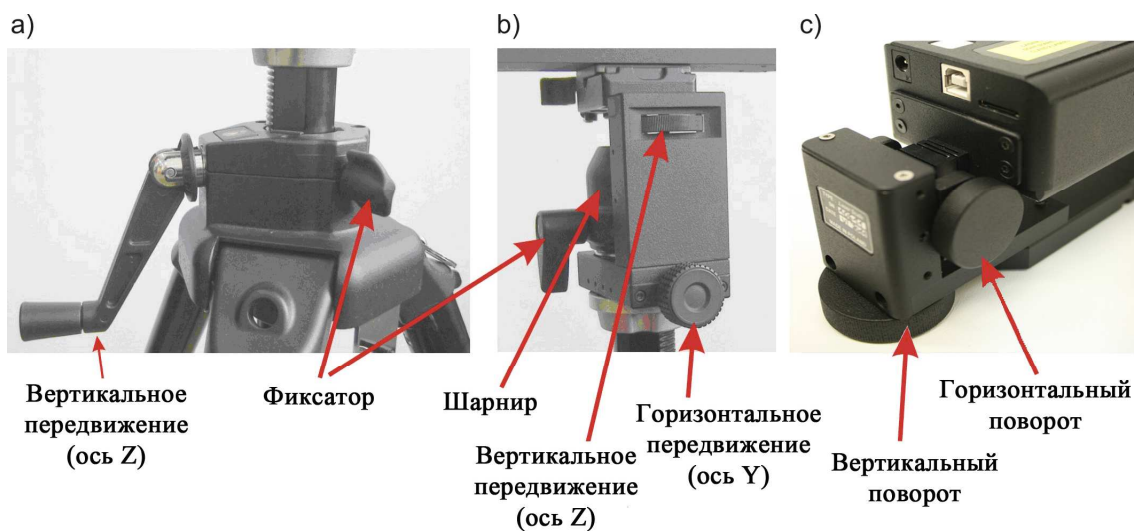




РИС.4.2. ЭЛЕМЕНТЫ РЕГУЛЯЦИИ ЛАЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ

3. Выберите, какие из оптических элементов будут перемещаться (светоотражающий RL1 или интерферометр IL1) и присоедините к магнитным держателям: один к перемещаемому элементу машины, второй к элементу по отношению к которому будет измеряться перемещение (например: светоотражающее устройство может крепиться к подвижной части, а интерферометр неподвижно к таблице). Помните, что *относительное линейное перемещение между ретро-рефлектором и интерферометром измеряется.*

Внимание! Недопустимо, чтобы один из оптических элементов (т.е. RL1 или IL1) был размещён вне машины на дополнительном стенде

(или штативе) т.к. система измерит, в числе прочего, передвижения (дрожания) подставки на которой закреплён отражающий элемент!!!.

4. Движущийся элемент измеряемой оси должен быть перенесен как можно ближе к позиции лазерной головки и штатива.

5. Разместите интерферометр **IL1** и ретро-рефлектор **RL1** на оси измерений. Если ось передвижения горизонтальная – проверьте индикатор уровня (Рис. 4.3) на головке лазера и интерферометра. В обоих случаях капелька уровня должна быть внутри малой окружности.

Прикрепите отражатель RL1 к интерферометру IL1 (есть специальный разъем в IL1 для данного соединения) - см. рис.4.3.



РИС.4.3. СТАРТОВАЯ ПОЗИЦИЯ ВЫРАВНИВАНИЯ

6. Переместите подвижный элемент машины вместе с прикреплённым оптическим элементом на противоположное крайнее положение. Перегородки на IL1 и RL1 и лазерной головке установите на положение - "выравнивание" (рис. 4.4а).

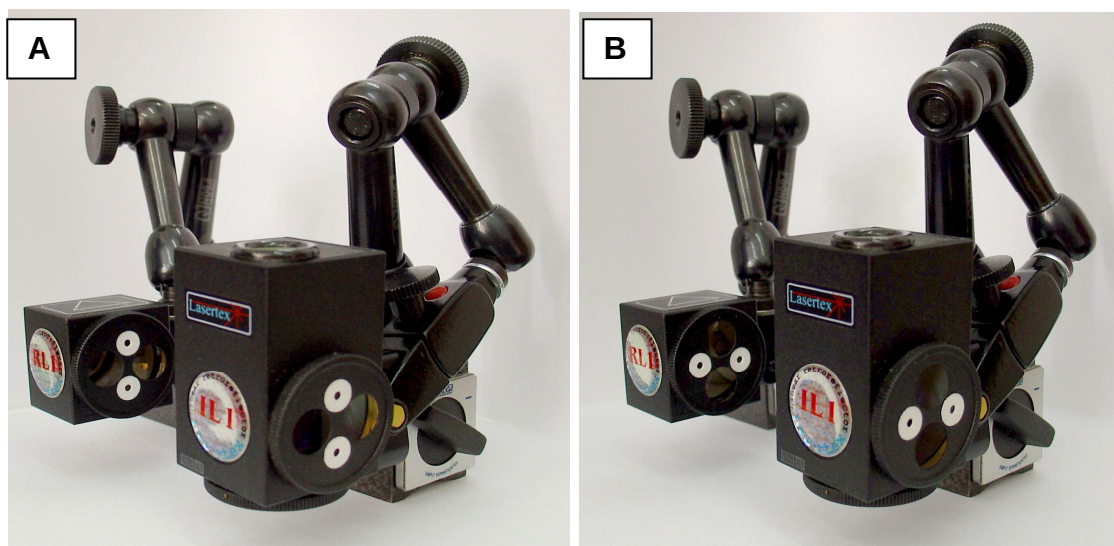


РИС.4.4. ПОЗИЦИЯ ВЫРАВНИВАНИЯ (А) РАБОЧАЯ ПОЗИЦИЯ (В)

7. Регулируйте высоту штатива и уровень лазерной головки с помощью «суставного» держателя. Лазерный луч должен падать на верхнее отверстие перегородки интерферометра и после прохождения через отверстие должен попасть на перегородку ретро-рефлектора. Лазерную головку следует расположить горизонтально (для горизонтальной оси) – проверка при помощи индикатора уровня.

8. Используя регулирующие элементы лазерной головки (рис. 4.2) найти положение, в котором лазерный луч проходит через оба

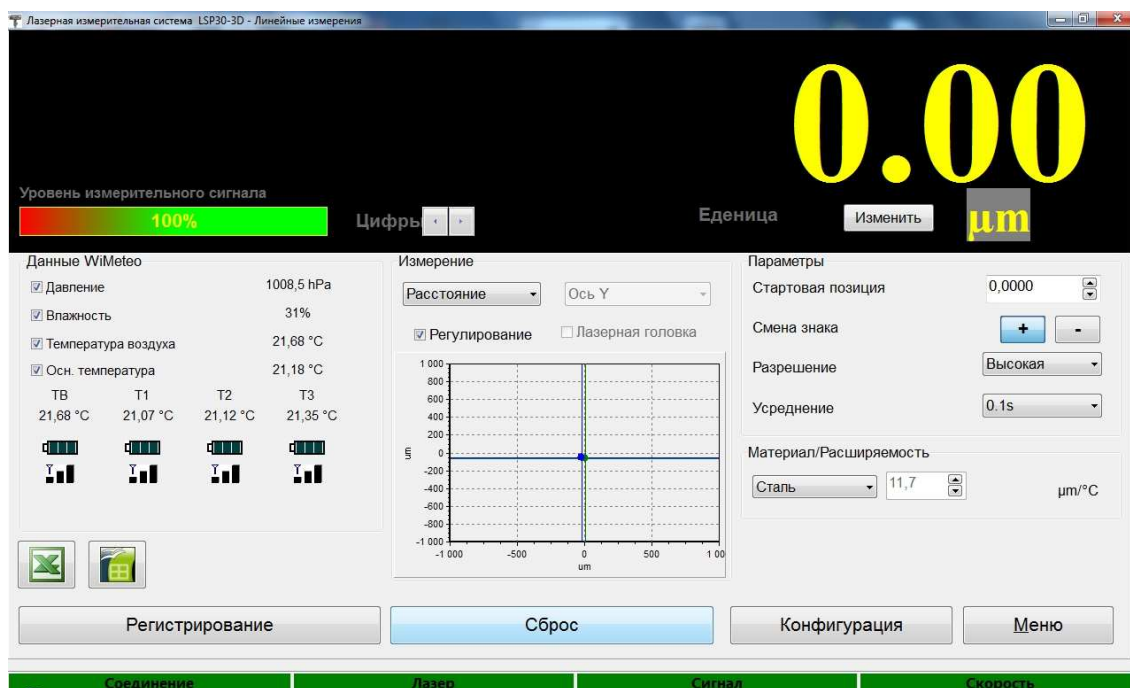
верхние отверстия перегородки, размещенных на интерферометре и ретро-рефлекторе. Положение пятнышка лазерного луча на перегородке интерферометра (интерферометр помещается ближе к лазерной головке) - меняется в осях X и Z используя соответствующие регуляторы на штативе. Положение пятнышка на перегородке ретро-рефлектора (ретро-рефлектор находится относительно далеко от лазерного интерферометра) регулируется с использованием " α " углового выравнивания в вертикальной оси и " β " углового выравнивания в горизонтальной оси.

9. Переместите перегородку на RL1 в положение "Работа".

10. Используя регулирующие элементы лазерной головки отрегулировать положение лазерных лучей, падающих на перегородку лазерной головки. Два обратных луча должны точно перекрывать друг друга на входном отверстии передней панели лазерной головки во всем диапазоне движения. Если необходимо можно осторожно подправить положение IL1. Поместите перегородку лазерной головки в положение «Работа». Уровень измерительного сигнала (зеленый индикатор на экране компьютера) должен иметь значение не менее 80% во время перемещения подвижного элемента вдоль всего пути.

11. Для точного выравнивания используйте электронное выравнивание. Переключите экран *Дисплей* на режим корректировки.

Переместите машину к месту, где оптические элементы находятся ближе всего к друг другу. Затем с помощью горизонтально-корректирующего и вертикально-корректирующего винтов установить два креста, голубой и зеленый, в центре экрана. Синий крест соответствует референционному лучу, в то время как зеленый - измерительному лучу (см. рис 4.5). Теперь переместите машину к месту, где расстояние между оптическими элементами наибольшее. Проверьте, чтобы кресты всё еще находились в том же месте, как и при прежнем положении элементов.



**РИС.4.5. ПРАВИЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ЛИНИЙ ВО ВРЕМЯ ПРОЦЕДУРЫ
ВЫРАВНИВАНИЯ**

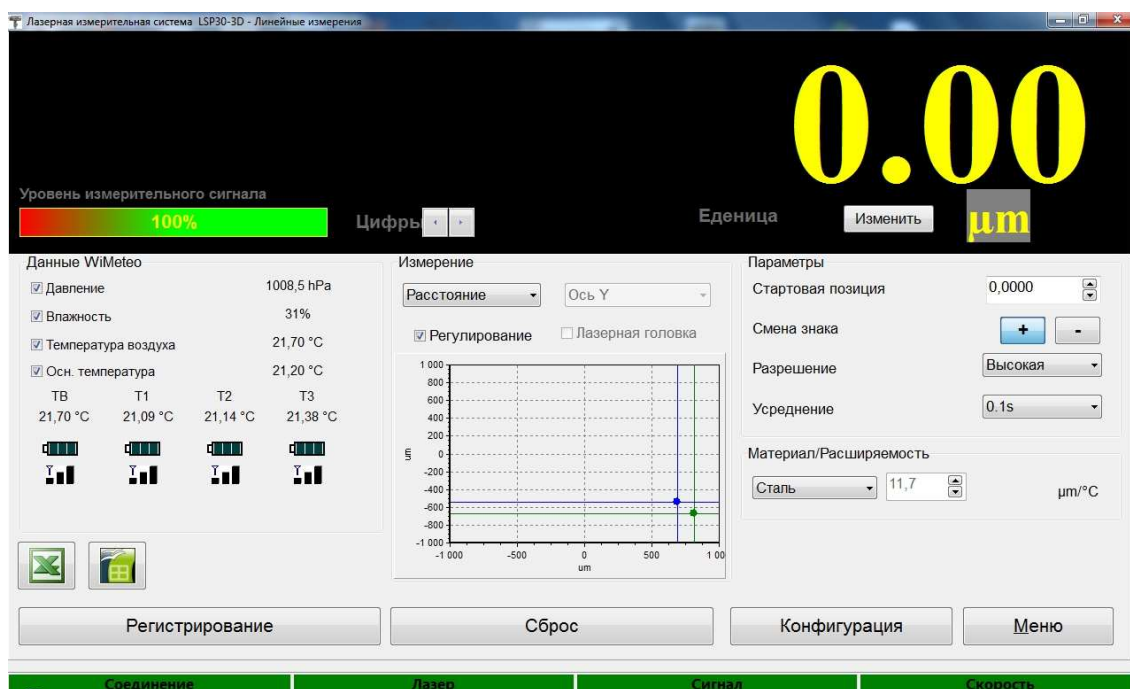


FIG.4.5. НЕПРАВИЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ЛИНИЙ ВО ВРЕМЯ ПРОЦЕДУРЫ
ВЫРАВНИВАНИЯ

Если это не так, подкорректировать положение лазера с помощью винтов отвечающих за угловое движение.

12. Сброс текущего положения корректировки, при помощи кнопки "Сброс" на экране. Система готова к работе.

Внимание! Помните, что положение, когда интерферометр касается ретро-рефлектора может служить только для настройки. Будьте уверены, что во время измерений ретро-рефлектор в одном из крайних положений не касается интерферометра, потому что это может быть источником ошибок измерения.

5

ИЗМЕРЕНИЯ - ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ

Общее описание

Линейные измерения позиционирования являются самым передовым вариантом линейных измерений. Это наиболее распространенная форма лазерного измерения, выполняемая на машинах. Система измеряет линейную точность позиционирования, повторяемость и люфт, сравнивая положение, в котором машина движется (т.е. позиция отображается на считывание машины) с истинным положением измеренным интерферометром.

Система HPI-1GHz предлагает уникальную возможность одновременного измерения позиционирования и прямолинейности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Опция 3D упрощает и значительно ускоряет процесс тестирования геометрии машины.

Выбор компонентов

Для измерений позиционирования нужно использовать линейную оптику. Необходимые компоненты (см. также рис. от 5.1 до 5.4):

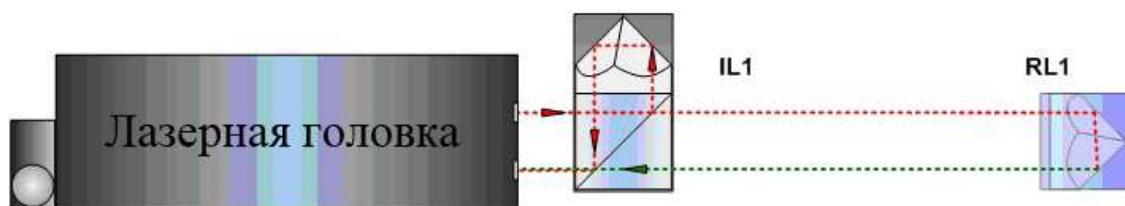
- Лазерная головка
- Блок питания
- Группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - (ECU) **SM1**
- Кабель, соединяющий лазерную головку с блоком питания
- Линейный интерферометр **IL1**
- Линейный ретро-рефлектор **RL1**
- По крайней мере 1 температурный датчик

Дополнительные элементы:

- Кабель USB
- ПДУ
- Магнитный держатель **UM1**
- Штатив

Измерения позиционирования требуют оптических элементов IL1 и RL1 выровненных вдоль лазерного луча, как показано на рисунке 5.1. Любой из элементов можно переместить.

Проводя измерения позиционирования нужно учитывать ошибки: Аббата, «Мертвого пути» и косинуса – они описаны в главе 2. Необходимо использовать SM1 (группа датчиков) и по крайней мере один базовый датчик температуры (T1, T2 или T3)! Большое количество датчиков температуры основы используют на длинной оси измерения, особенно там, где предположительно есть градиент температуры.



**РИС.5.1 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ - СХЕМА**

Измерения позиционирования можно выполнять не только вдоль лазерного луча (как показано на рисунках 5.1 и 5.2), но и в направлениях, перпендикулярных лазерному лучу. Эти конфигурации показаны на рисунках 5.3 и 5.4 (причём в них можно перемещать только ретро-рефлектор RL1).

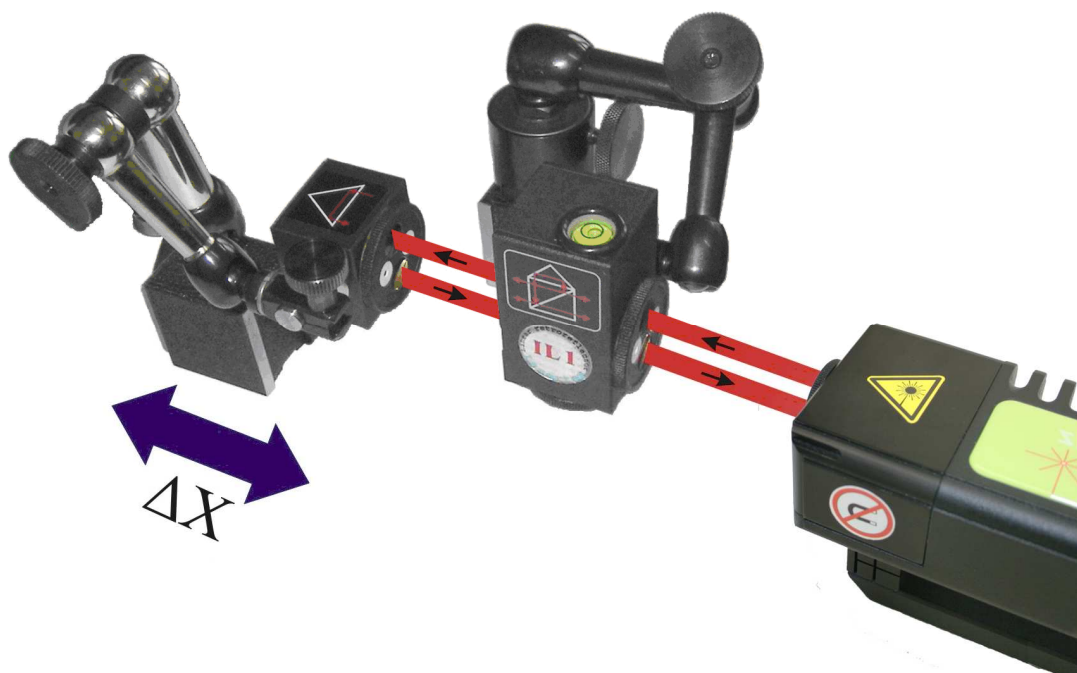


РИС.5.2 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПО ОСИ X

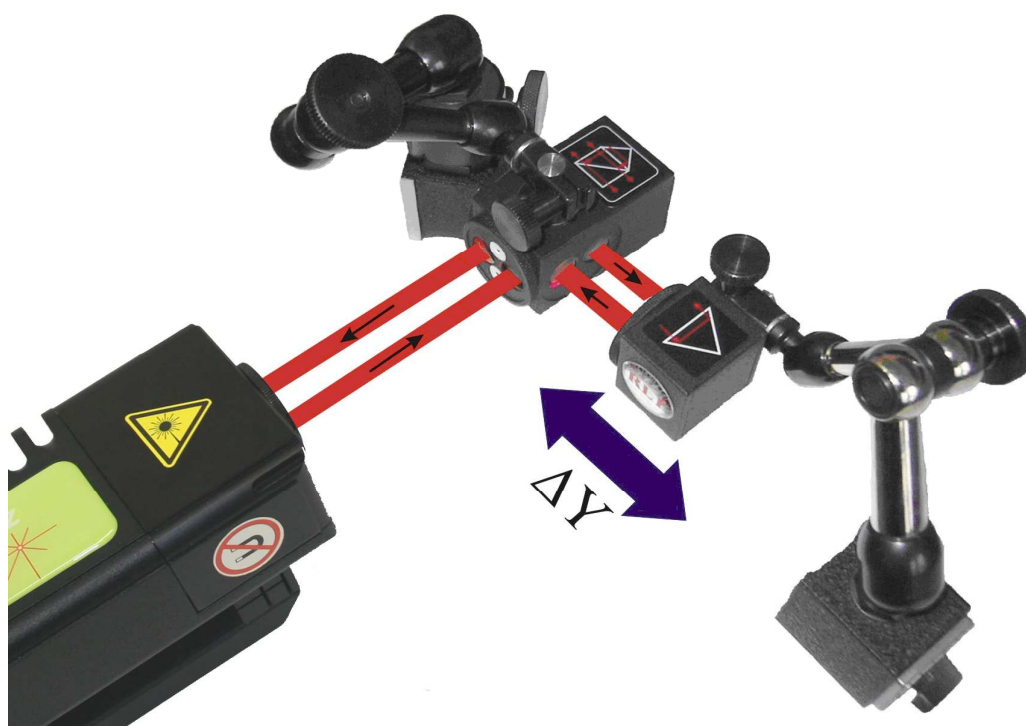


РИС.5.3. НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПО ОСИ Y

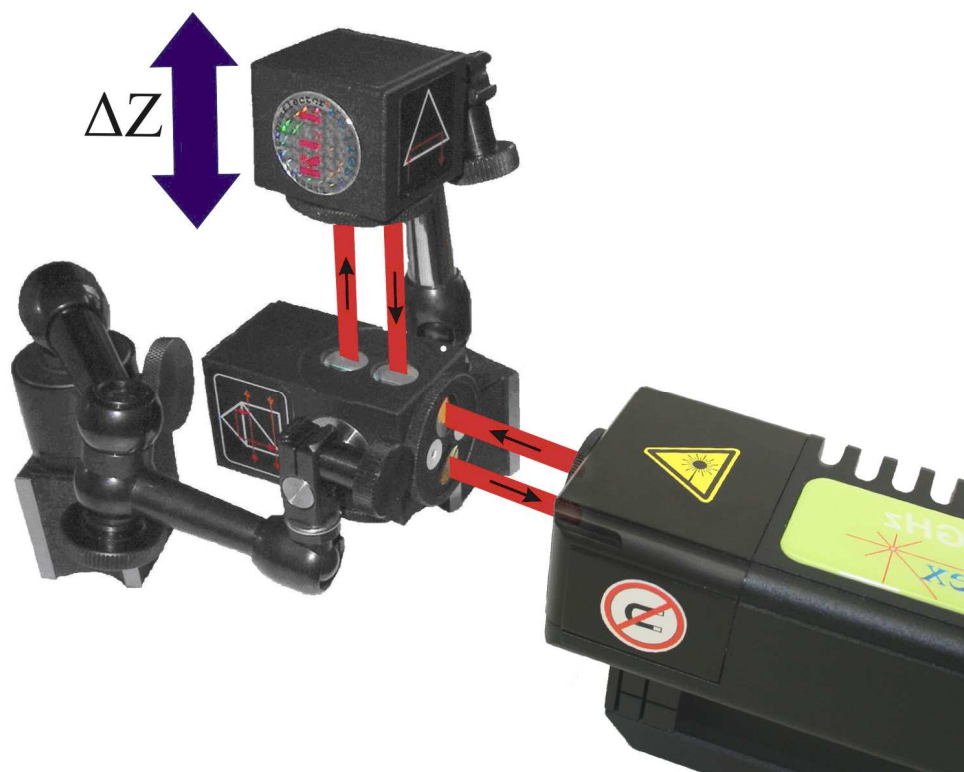


РИС.5.4. НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПО ОСИ Z

Описание программного обеспечения

Для того чтобы начать измерения позиционирования в **главном меню** нужно нажать кнопку **Позиционирование**. На экране должно появиться окно **Линейное позиционирование** как показано на рис.5.5

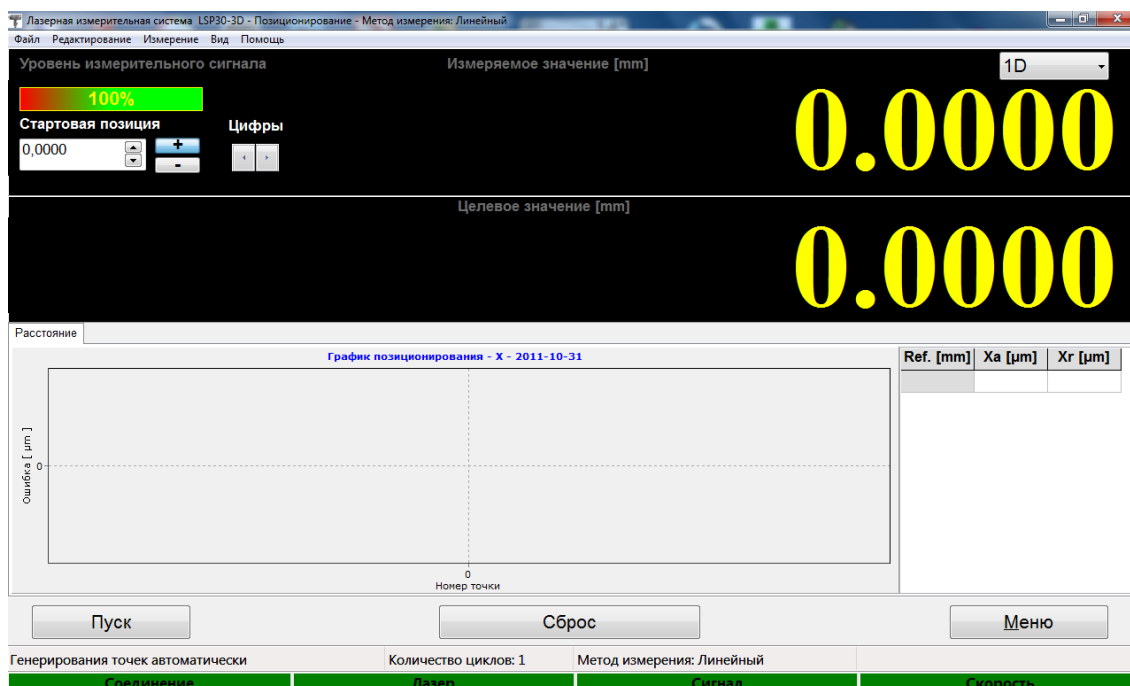


РИС.5.5 ОКНО «ЛИНЕЙНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ»

Меню - Файл

Верхняя панель выше продемонстрированного окна состоит из меню: Файл, Редактирование, Измерения, Вид, Справка. В меню *Файл* (рис. 5.6) находится опции для чтения измеренных данных из файла, сохранение данных в файл, печать результатов измерений или экспортирование их в файл.

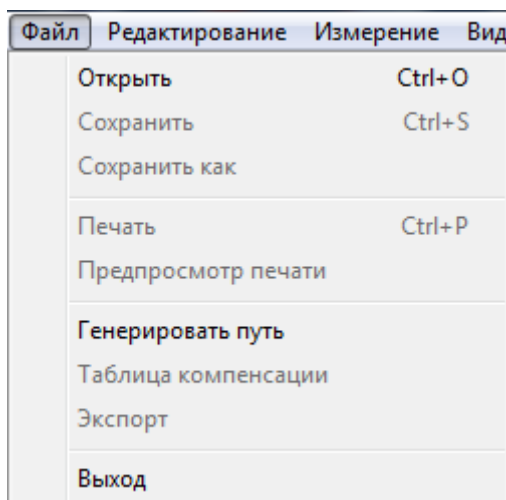


РИС.5.6. МЕНЮ - ФАЙЛ

Другие важные опции, доступные в меню *Файл* являются опциями для генерирования CNC пути и приготовления компенсационной таблицы.

Генерирование CNC пути

Опция генерирование CNC пути позволяет автоматически подготавливать, используя программное обеспечение LSP30 Software, G-код программы совместимый с большинством CNC систем управлений. Варианты генерирования пути выбираются в отдельном окне, как показано на рисунке 5.7.

В верхней части окна можно выставить параметры движения машины. В нижней части сгенерированный код можно просмотреть и

отредактировать. Результаты можно сохранить в текстовом файле или распечатать.

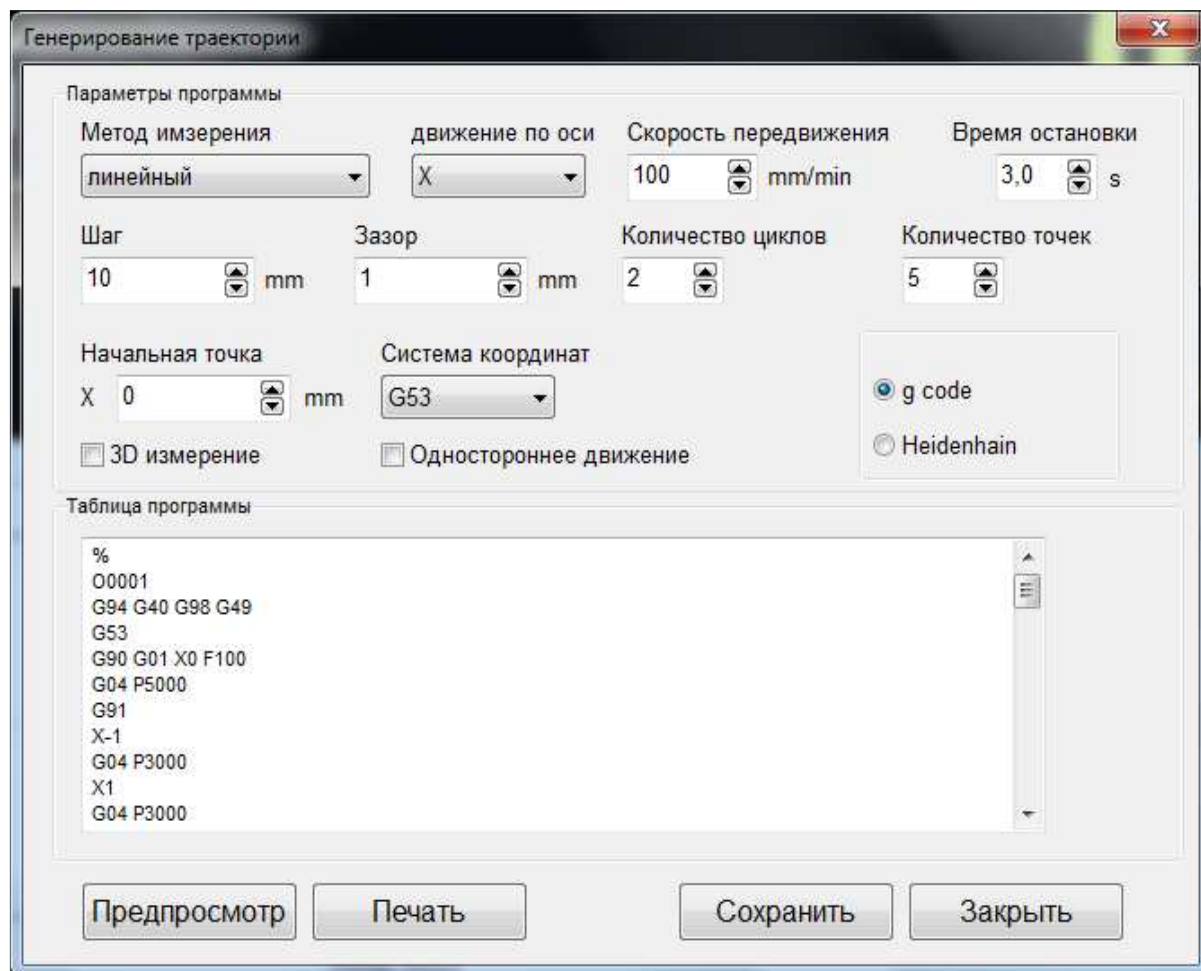


РИС.5.7. ОКНО ГЕНЕРИРОВАНИЯ ПУТИ CNC

Подготовка таблицы компенсации

Опция подготовки таблицы компенсации (рис.5.8)

выполняется после окончания измерений (перед началом - неактивна). Основываясь на конечных результатах, программа вычисляет ошибки и предлагает внести корректирующие значения в управление машиной. Поскольку различные системы управления машиной требуют различных форматов компенсационных файлов, то в окне подготовки таблицы компенсации нужно установить правильный формат данных вместе с опциями, необходимыми в данном формате.

Вибери формат данных

Параметры компенсации

Формат данных: Absolute

Error unit: ☒ µm ☐ mm

Измерительная система: System 0

Начальная точка: 0,000 mm

Ось:

Tabela kompensacji

Lsp30 Linear Error Plot - ---Axis
 Filename: Pos_a1.dt2
 Acquisition date: 2011-01-14 16:17:51
 Current date: 2011-11-25 10:40:58
 Machine units - 1 micrometer
 Number of Target Positions: 9
 Mean Backlash: -375 Machine Units

Pos. #	Pos. Value [mm]	Fwd. [µm]	Rev. [µm]	Mean [µm]
1	0.0000	-183	183	0

Предпросмотр Печать Сохранить Закрыть

РИС.5.8. ОКНО ПОДГОТОВКИ ТАБЛИЦЫ КОМПЕНСАЦИИ

Меню - Редактирование

В меню **Редактирование** (рис.5.9) есть опции для настройки измеренных данных машины (рис.5.10), определение предела погрешности машины (рис.5.11), предварительный просмотр полученных результатов позиционирования, изменение расположения пунктов позиционирования (когда активна опция **Точки из списка** в меню **Измерение**) и изменение общей конфигурации позиционирования.

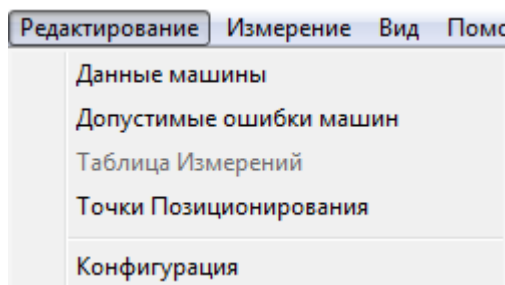


РИС.5.9. МЕНЮ РЕДАКТИРОВАНИЕ

РИС.5.10 ОКНО ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ

Придел ошибки машины

РИС.5.11. ОКНО ПРИДЕЛОВ ПОГРЕШНОСТИ МАШИНЫ

В меню **Редактирование** пользователь может установить допустимые пределы ошибки машины для различных норм (опция **пределы погрешности машины** - Рис 5.11). Результаты всех линейных измерений позиционирования сравниваются с этими пределами (см. рис. 5.12). Эта опция особенно полезна, когда нужно проверить целый ряд машин того же типа и тех же требований к точности.

Results		
Norm		
ISO 230-2		
Machine		
m15		
Param.	Max.	Value
Accuracy:	[µm]	[µm]
forward	12,0	3,1
reverse	12,0	3,2
overall A	12,0	6,7
Repeatability:	[µm]	[µm]
forward R	12,0	2,5
reverse R	12,0	2,1
bidirectional R	12,0	6,3
Reverse error:	[µm]	[µm]
mean	12,0	3,6
maximal	12,0	3,9
Position. deviation:	[µm]	[µm]
forward E	10,0	2,0
reverse E	12,0	1,3
mean E	12,0	1,5

РИС.5.12. ПАНЕЛЬ СРАВНИВАНИЯ ПРЕДЕЛОВ ПОГРЕШНОСТИ МАШИНЫ

Генерирование точек позиционирования

Когда параметр **Точки из списка** в меню **Измерение** не активирован, то программа ожидает когда измеряемая машина остановится в точках, выбранных в окне *Точки позиционирования*, как показано на рисунке 5.13. Точки можно ввести вручную или они могут быть получены из входных параметров: исходное положение (может быть отрицательным), расстояние (должно быть положительными) и интервал (должно быть положительными) или количество точек. Точки подсчитываются после нажатия кнопки *Вычислить*. Полученные точки можно сохранить в файл.

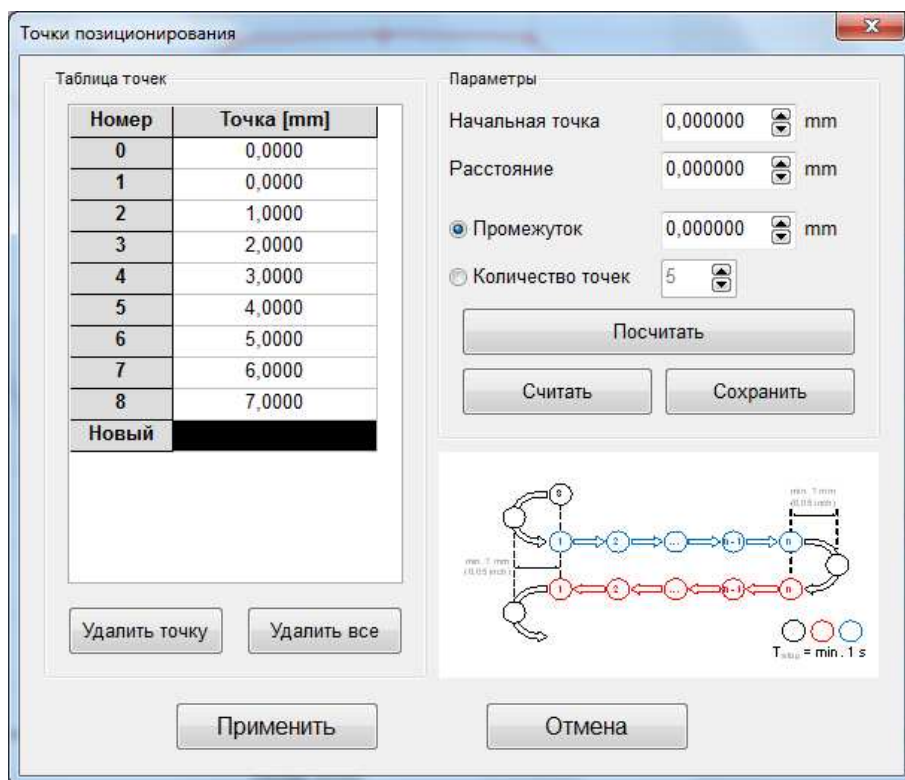


РИС.5.13. ОКНО ГЕНЕРИРОВАНИЯ ТОЧЕК ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Конфигурация измерений позиционирования

На панели **Позиционирование** окна **Конфигурация** пользователь может настроить важные параметры линейных измерений позиционирования (рис. 5.14). Существуют три различных способа проверки позиционирования машины: линейная, пилигрим и пилигрим 2 (кнопки на панели *Метод измерений*). Направления ожидаемого движения машины показаны на пиктограммах и на рисунках 5.15, 5.16 и 5.17. Обычно используют линейный метод.

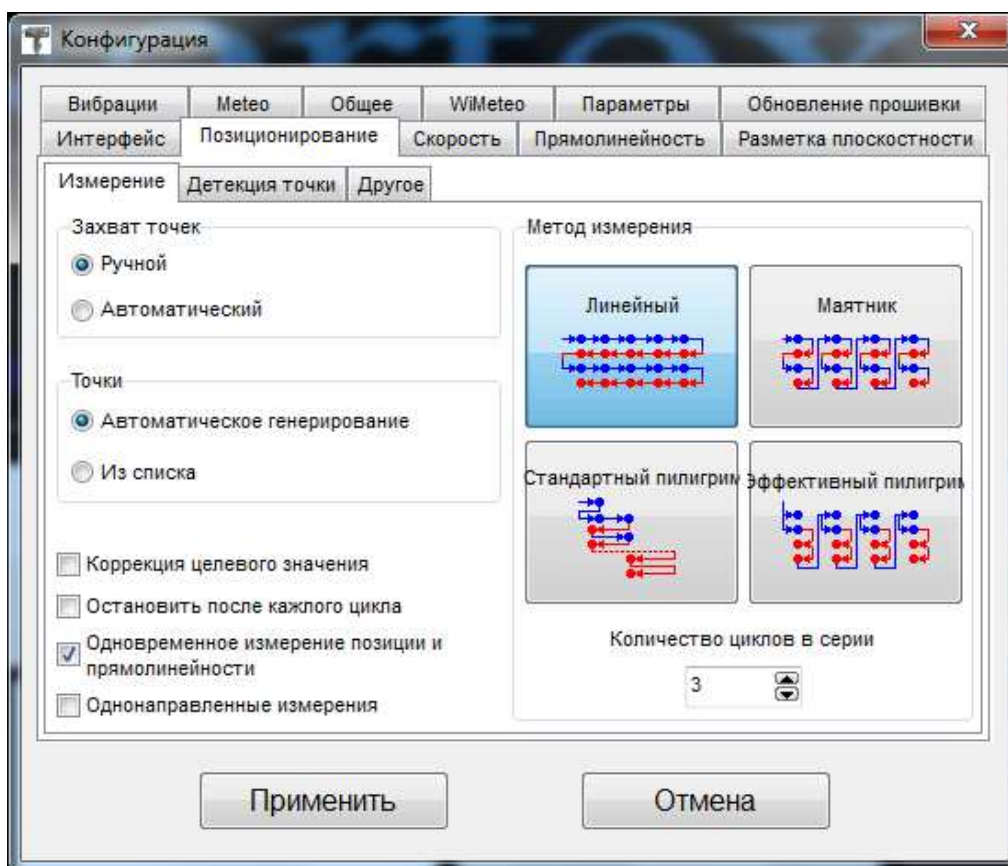


РИС.5.14 ОКНО КОНФИГУРАЦИИ ЛИНЕЙНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

В Циклы в сериях пользователь может выбрать, сколько полных циклов измерения должно быть выполнено. Чем больше циклов выбрано тем точнее результаты можно получить.

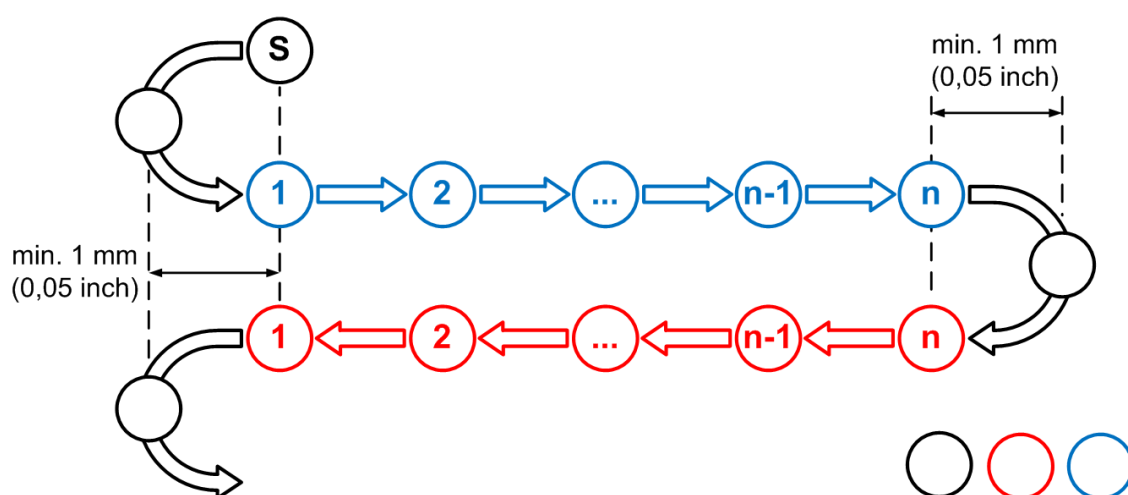


РИС.5.15. ПЕРЕДВИЖЕНИЕ МАШИНЫ В ЛИНЕЙНОМ РЕЖИМЕ (S – ТОЧКА ОТСЧЁТА)

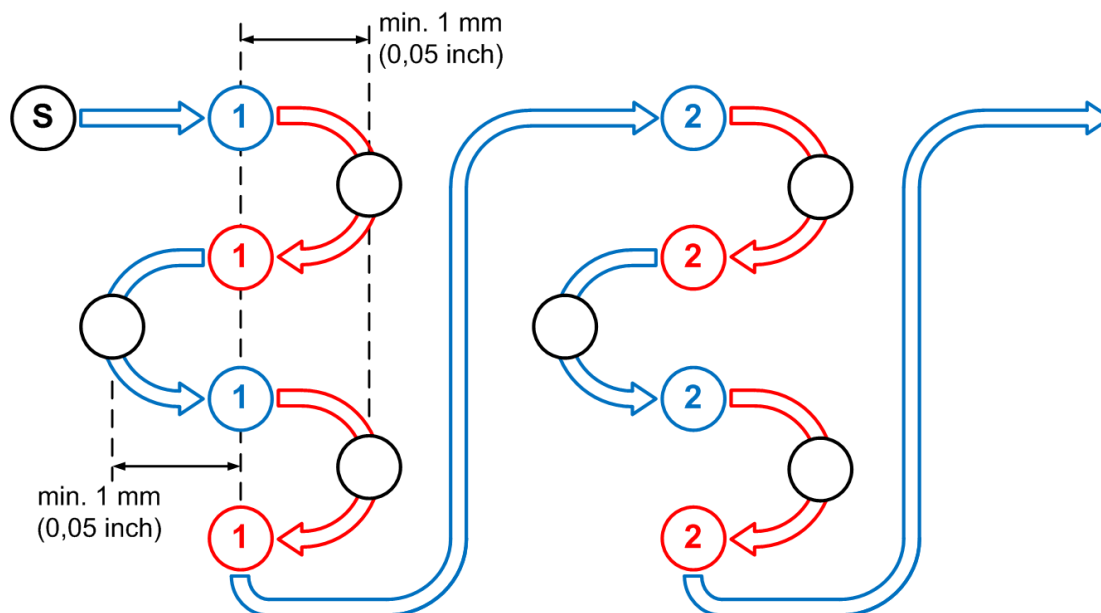


РИС.5.16. ПЕРЕДВИЖЕНИЕ МАШИНЫ В РЕЖИМЕ МАЯТНИКА (S – ТОЧКА ОТСЧЁТА)

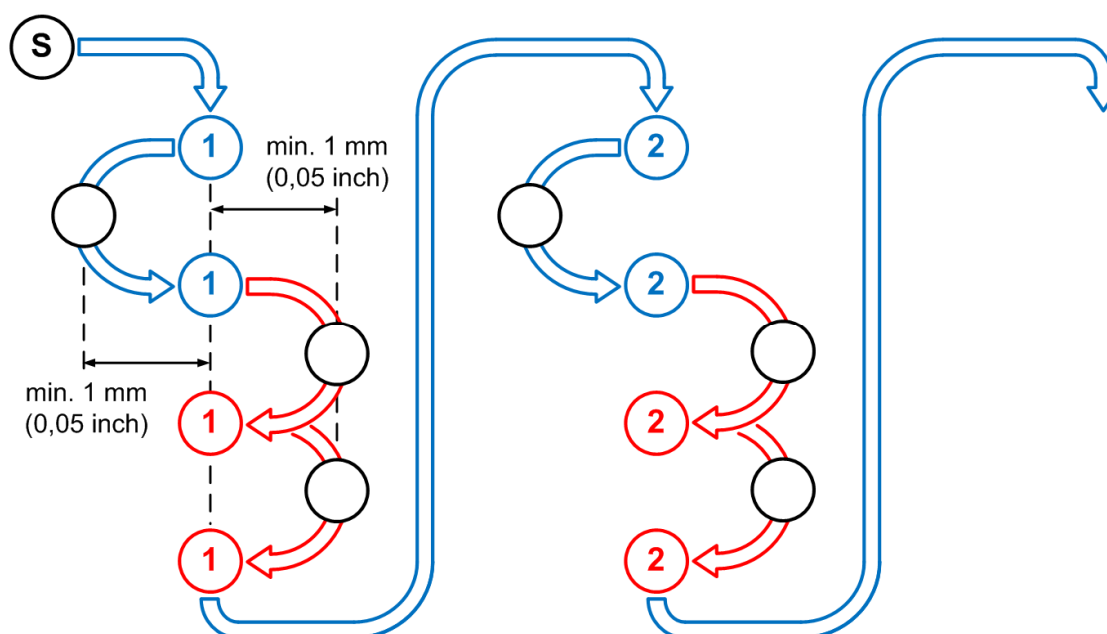


РИС.5.17. ПЕРЕДВИЖЕНИЕ МАШИНЫ В РЕЖИМЕ ПИЛИГРИМА (S – ТОЧКА ОТСЧЁТА)

Максимально допустимая ошибка является опцией, где пользователь может установить максимальный допустимый предел ошибки, выше которого программное обеспечение будет сообщать пользователю об ошибке машины.

Опции *Захват точки после* и *Вибрации* доступны только при выборе автоматического захвата точки. Изменяя эти параметры, пользователь решает, после какого времени программой должна быть сделана процедура автоматического захвата точки и какой допустимый уровень вибрации (уровень вибрации зависит главным образом от измеряемой машины).

Минимальное расстояние между точками описывает минимальное расстояние между точками позиционирования.

Меню - Измерение

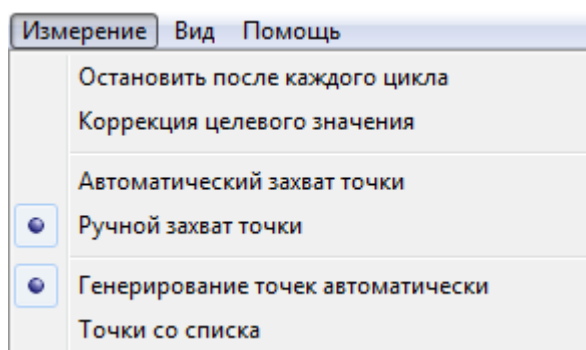


РИС.5.18. МЕНЮ ИЗМЕРЕНИЕ

Опция **Измерение** включает в себя функции, связанные с процессом измерения:

Остановить после каждого цикла – если эта опция активна программа прерывает измерения после реализации измерительного цикла; если не активна, выполняется заданное число циклов.

Коррекция целевого значения – выбор этой опции дает возможность изменять ранее выставленное значение расстояния точки измерения в процессе измерения. Перед захватом точки появляется окно, в котором можно записать новое значение расстояния, после чего отмечены только места после запятой, означает это то, что не нужно писать всех расстояний.

Автоматический захват точки – программа автоматически захватывает измеряемые точки используя настройку *Конфигурация*. Опция не считая “Ручной захват точки”.

Ручной захват точки – выбор этой опции означает, что для измеряемых точек величина измеряемого перемещения регистрируется программой после нажатия кнопки **Ручной захват** или кнопки на ПДУ. Если эта опция не активна, то точки захватываются автоматически (программа определяет момент остановки машины).

Автоматическое генерирование точек – эта опция отмечена, когда точки позиционирования рассчитываются автоматически с

помощью программы, а не выбраны пользователем (см. ниже). Опция не считая "Точки из списка".

Точки из списка – после выбора этой опции на экране появится окно изменения точек измерения, где мы вписываем или считываем значение расстояния для точек позиционирования. Если эта опция неактивна, то точки позиционирования выбираются автоматически в первом цикле измерений и опция **Автоматическое генерирование списка точек** включена (см. также 5.13).

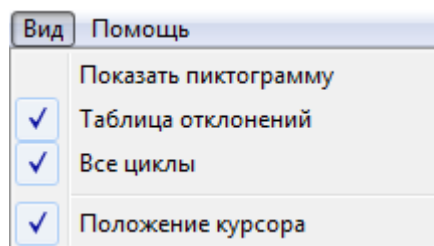


РИС.5.19. МЕНЮ ВИД

Панель **Вид** служит для включения или выключения опций **Целевое значение**, **Таблица девиации** и включения рисования графика точек измерения со всех циклов (активный цикл обозначается сплошной линией, а оставшиеся циклы показаны только с помощью точек).

Процедура измерения

Если система готова к работе, то два цифровых дисплея и датчик измерения уровня сигнала отображаются на экране. На верхнем поддисплее измеренное значение показано на рисунке. На нижнем - отображение позиции целевого значения, чтение из таблицы точек данных или автоматическое определение как это показано на рисунке. Под поддисплеями с левой стороны показан график, на котором представлены результаты измерений. С правой стороны можно найти **Таблицу ошибок**. Под графиком находятся три кнопки: **Пуск** - начало измерений, **Сброс** - сброс измеренного значения и кнопка **Главное меню**, которая позволяет повторно войти в главное меню.

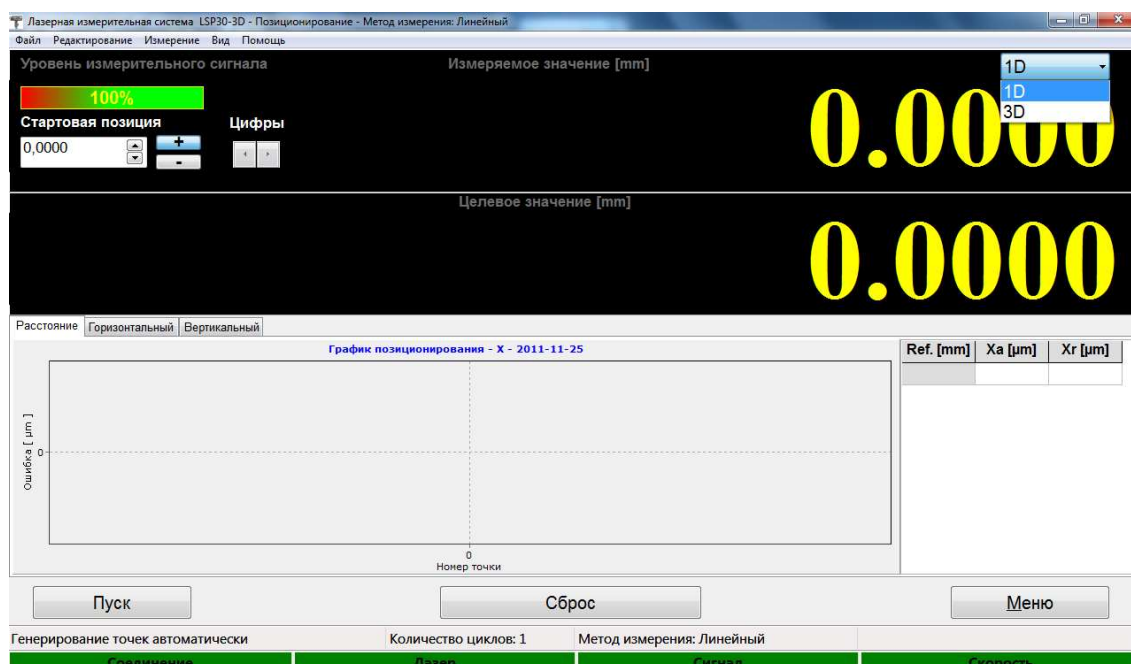


РИС.5.20 ВЫБОР 1D ИЛИ 3D ОПЦИИ

В правом верхнем углу главного окна позиционирования (см. рисунок 5.20) находится кнопка для выбора измерения только 1D позиционирования или если нужно измерить прямолинейность в трёх осях то 3D. Если выбрана опция 3D, то вместе с данными позиционирования, будут собраны данные прямолинейности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Все измеренные данные можно просмотреть в процессе измерений, изменив данные на панели (рис. 5.21).

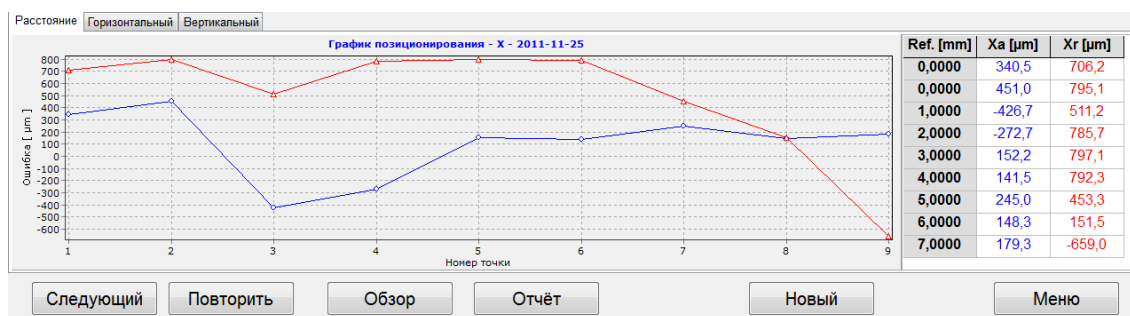


РИС.5.21. ПРОСМОТР ДАННЫХ 3D

В нижней части окна в строке представлена конфигурация позиционирования измерений. В первом поле помещается информация о методе измерения захвата точки (ручной и автоматический). Во втором поле показана информация о том, измерения точек происходят из списка или автоматически. Следующее поле информирует о количестве циклов в серии (определённое количество циклов происходит одно за одним, если не активировано **Остановить после каждого цикла**).

Для выполнения измерений линейного позиционирования, программа должна знать целевую позицию, в которой она должна сделать измерения, а также где она должна вычислить отклонение от ожидаемого значения. Позиционирование точек может быть автоматически определено в первом цикле измерений при условии, что расстояния между точками обозначено с точностью 1.000mm. Позиционирование точек можно вписать или рассчитать после

нажатия **Целевое значение из списка**. После активации этой опции позиционирование точек можно определить с какой-либо точностью.

Измерение может быть сделано в **Автоматическом** или в **Ручном** режиме захвата, как описано выше в этой главе. В автоматическом режиме система сама распознает момент остановки, значение измеряемой точки, направление движения и серийный номер.

Правила автоматического измерения позиционирования

Для корректной работы автоматической опции, ниже приведённые правила должны быть выполнены:

- 1) Время остановки машины в точке позиционирования должно быть не меньше чем 1 сек – значение по умолчанию (поменять можно в **Конфигурация->Допустимая погрешность**),
- 2) Колебания объекта должны быть не меньше чем 10 мкМ – значение по умолчанию (поменять можно в **Конфигурация->Колебания меньше чем**),

3) После каждого прохода объект нужно переместить не меньше чем на 2 мм от предыдущей точки позиционирования, остановить перед захватом, после этого, **вернуть в предыдущую точку позиционирования** - эта процедура необходима для корректных измерений обратного люфта.

Если колебания не слишком большие и система не захватывает точки – нужно переключиться к режим **Ручной захват** в меню **Измерения**. После выбора опции **Ручной захват** в нижней части экрана появится дополнительная кнопка **Ручной захват**. Захват точки измерения происходит путем нажатия на эту кнопку или нажав на кнопку ПДУ.

Направление измерений и анализ данных

Экспертиза линейного позиционирования машины состоит как минимум из 2 измерительных циклов. В рамках каждого цикла измеряемая машина будет передвигать ретро-рефлектор по запрограммированному расстоянию вперёд и назад. После каждого перемещения машина должна остановиться по крайней мере на одну секунду. Измеренное расстояние от лазерной системы сохраняется в таблице результатов. После одного цикла, если выставлено

Остановить после каждого цикла или после всего процесса измерения - появится окно с результатами (рис. 5.22).



РИС.5.22. ОКНО ПОЯВЛЯЮЩЕЕСЯ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ОДНОГО ПОЛНОГО ЦИКЛА ИЗМЕРЕНИЙ

Кнопки **Удалить** и **Добавить** используются для добавления или удаления последнею цикла измерений. Можно изменить цикл измерения, когда есть подозрения на случайную ошибку. Кнопка **Обзор** открывает окно просмотра данных (рис. 5.23), где каждый цикл данных можно просмотреть и проанализировать.



РИС.5.23. ОКНО ПРОСМОТРА ДАННЫХ

Из главного окна позиционирования и из окна просмотра данных о измерениях можно сгенерировать отчёт. После, по меньшей мере, двух серий измерительных циклов, могут быть выполнены статистические расчеты и отчёт об измерениях. Для того чтобы получить окончательный отчёт нажмите кнопку **Отчёт**. Экран компьютера после нажатия на кнопку **Отчёт** представлен на рис. 5.24.

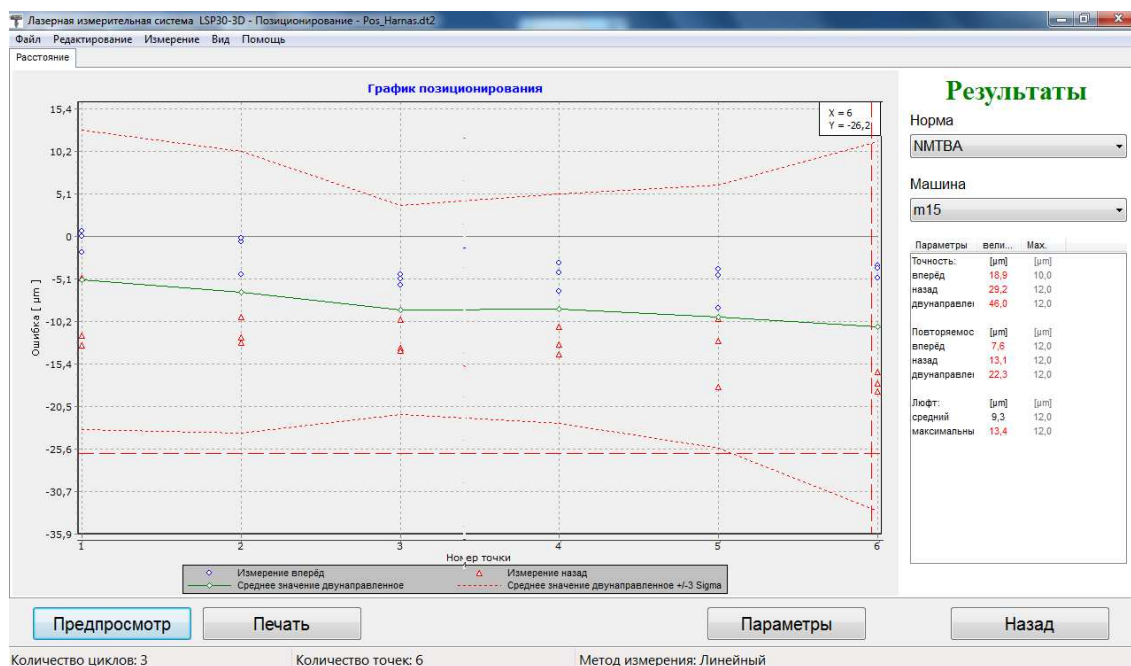


РИС.5.24. ОКНО ОТЧЁТА ЛИНЕЙНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Параметры позиционирования представлены на графике. По правой стороне находится панель **Результаты**, на которой показаны результаты статистических расчетов, норма, согласно которой расчеты были проведены, а также предельные значения для определенной машины. Если значение ошибки превышает установленный предел для машины, то эта ошибка отображается красным цветом. Норма можно выбрать из списка. После выбора новой нормой результаты пересчитываются.

Под графиком находятся: кнопки, используемые для изменения масштаба оси **Масштаб оси** (автоматическое масштабирование или присвоение, минимальные и максимальные значения), выбор

параметров, показанных на графике **Параметры**, отчет, распечатки **Печать** и возвращение к просмотру измерительных циклов **Предыдущее Меню**.

Пример отчёта линейного позиционирования CNC машины по осям представлен на рис. 5.25.

Лазерная измерительная система LSP Software		Ver. 7.8.5	
Измерения позиционирования - Отчёт			
Аппарат: Harnas		Серийный номер: --	Ось: --
Название файла: Pos_Harnas_3d_2.dtd			
Дата измерения: 2011-01-26 14:40:42		Дата печати: 2011-11-25 12:15:16	
РЕЗУЛЬТАТЫ		УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЯ	
Норма: NMTBA Точность: вперёд 74,9 µm назад 75,1 µm двухнаправленная 78,3 µm Повторяемость: вперёд 9,7 µm назад 9,3 µm двухнаправленная 11,2 µm Люфт: средний 4,3 µm максимальный 4,7 µm		Влажность 67% Давление 993,2 hPa Температура воздуха 17,14 °C Температура материала 16,15 °C Расчетная температура 5,00 °C	
Примечания			
Фирма:		Измерение выполнил: Plesnar	Подпись: _____
2 / 5			

РИС.5.25. ПРИМЕР РАПОРТА ЛИНЕЙНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

6

ИЗМЕРЕНИЯ - СКОРОСТЬ

Общее описание

Скорость измерения проводятся с использованием линейной оптики. Это измерение может быть использовано, например, для определения характеристики движения двигателя. Система позволяет проводить измерения скорости в различных единицах, которые можно выбрать в *Конфигурация->Скорость*. Значение скорости побираются каждые 40 мс.

Выбор компонентов

Для измерений скорости нужно использовать линейную оптику.

Необходимые компоненты (см. также рисунки от 6.1 до 6.4):

- Лазерная головка
- Блок питания
- Кабель, соединяющий лазерную головку с блоком питания
- Линейный интерферометр **IL1**
- Линейный ретро-рефлектор **RL1**

Дополнительные элементы:

- Кабель USB
- ПДУ
- Магнитный держатель **UM1**
- Штатив
- Датчик температуры базы
- Группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - (ECU) **SM1**

Измерения скорости требуют оптических элементов IL1 и RL1, выровненных вдоль лазерного луча, как показано на рисунке 6.1. Любой из элементов можно переместить.

Во время измерения скорости рекомендуется использовать SM1 (группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды). Датчики температуры базы не используются при этом измерении.

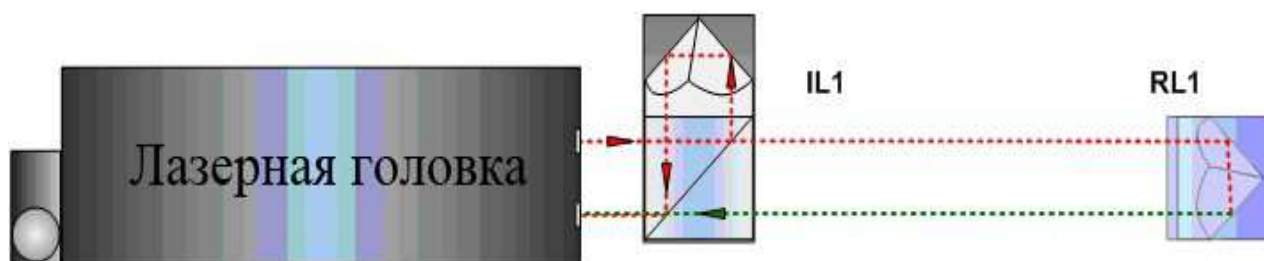


РИС.6.1 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ
- СХЕМА

Измерения позиционирования можно выполнять не только вдоль лазерного луча (как показано на рисунках 6.1 и 6.2), но и в направлениях, перпендикулярных лазерному лучу. Эти конфигурации показаны на рисунках 6.3 и 6.4. (причём в них можно перемещать только ретро-рефлектор RL1).

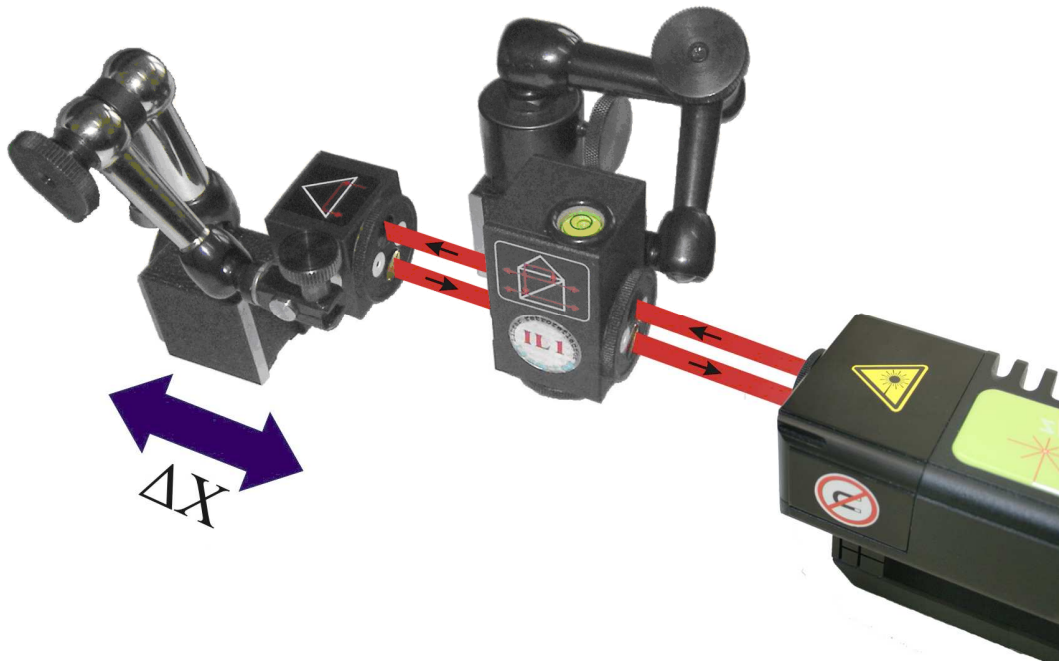


РИС.6.2 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ
ПО ОСИ X

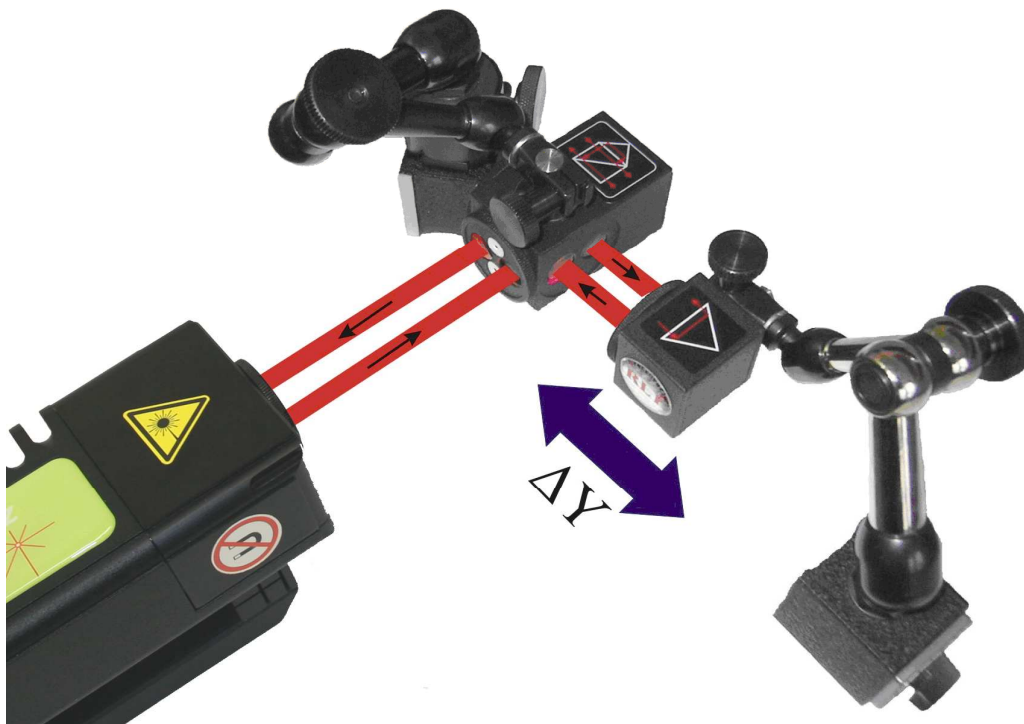


РИС.6.3. НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ
ПО ОСИ Y

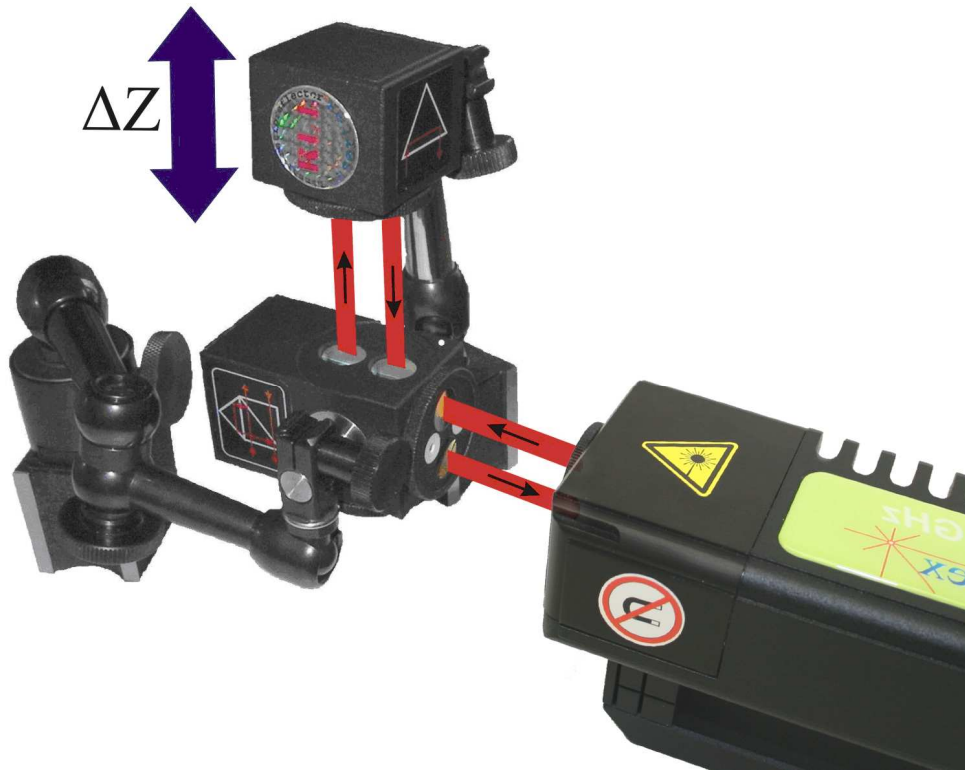


FIG.6.4. НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ
ПО ОСИ Z

Описание программного обеспечения

Скорость измеряется после выбора опции **Скорость** из **Главного меню**. Окно программы LSP30-3D выглядит, как показано на рис. 6.5. Окно состоит из четырёх основных частей:

- Дисплей показывает текущую скорость и измерения уровня сигнала;

- График скорости; синяя линия это скорость, красная линия это средняя скорость;
- Таблица значений скорости - комбинации времени и измеренного значения скорости находятся в этой таблице;
- Панель с кнопками



РИС.6.5. ОКНО ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ

Когда будут начаты измерения, нажмите кнопку **Пуск**, а объект, скорость перемещения которого исследуется, должен перемещаться. Чтобы закончить измерения скорости нажмите кнопку **Стоп**. Во время измерений график скорости на экране будет постоянно обновляться. Нажав на отдельные области графика и перемещая мышь вправо,

график можно приблизить. Нажав на области графика и перемещая мышь влево приближение можно отменить. График можно распечатать или сохранить в файл. Это возможно сделать после выбора из верхнего меню панели **Файл**, а затем следует выбрать подходящий вариант (например, Сохранить, Сохранить как, Печать - см. рисунок 6.6).

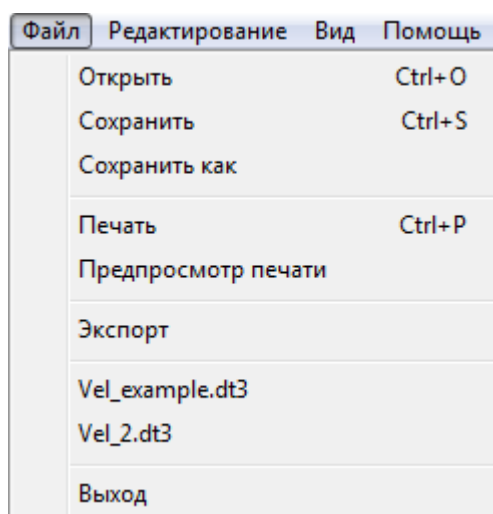


РИС.6.6. МЕНЮ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ *ФАЙЛ*

Перед сохранением файла программа попросит об изменении данных машины (опция доступна из меню Редактирование->Данные машины), таких как тип машины, серийный номер машины, измеренные оси или оператор машины (см. рисунок 6.7). Ввод этих значений позволяет описать выполненные измерения для последующего анализа. Эти значения также внесены в отчёт для последующей печати.

Данные машины

Тип машины: vibration

Серийный номер: --

Оси: --

Оператор: engineer

Фирма: Lasertex

Примечания: Example measurement of vibration

Параметры измерений

Дата измерения	2011-11-25 12:24:52		
Влажность	32%	Температура воздуха	20,00 °C
Давление	1013,2 hPa	Температура материала	20,05 °C

Применить Отмена

РИС.6.7. ОКНО ДАННЫХ МАШИНЫ

Измеренные данные могут быть не только сохранены, но и помещены в сгенерированный отчёт либо распечатать, нажав на **Печать** или **Предпросмотр** в окне анализа измерений (рис. 6.8). Отчет может быть создан либо в основной форме, где показан только график измеренных значений (рис. 6.9) либо в расширенной версии, в которой есть таблицы с данными измерений.

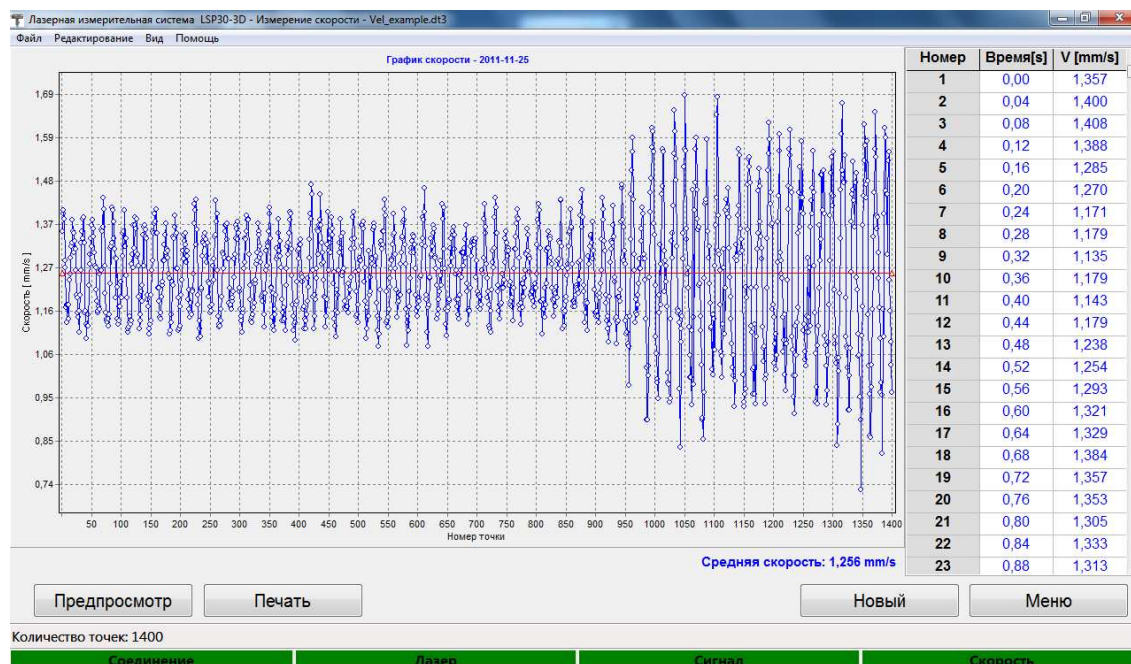


РИС.6.8. ОКНО АНАЛИЗА ИЗМЕРЕННЫХ ДАННЫХ СКОРОСТИ

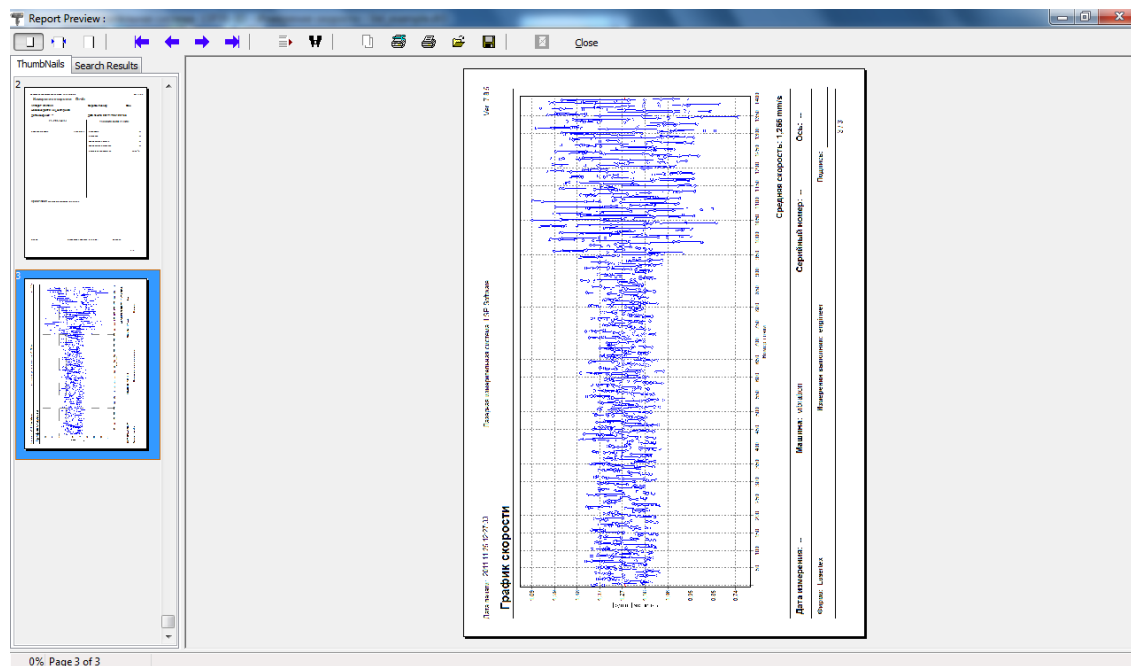


FIG.6.9. ОКНО ПРЕДПРОСМОТРА ОТЧЁТА СКОРОСТИ

Программа позволяет сохранить график скорости, а затем загрузить его, например, в текстовый редактор. Чтобы сохранить график в файл нужно щелкнуть правой кнопкой мыши в области графика. Из контекстного меню, которое появится выберите опцию **Скопировать в буфер обмена**.

Можно также выбрать единицу скорости: из меню **Редактирование** следует выбрать опцию **Конфигурация**, где выставляем нужную единицу скорости. (см. рисунок 6.10)

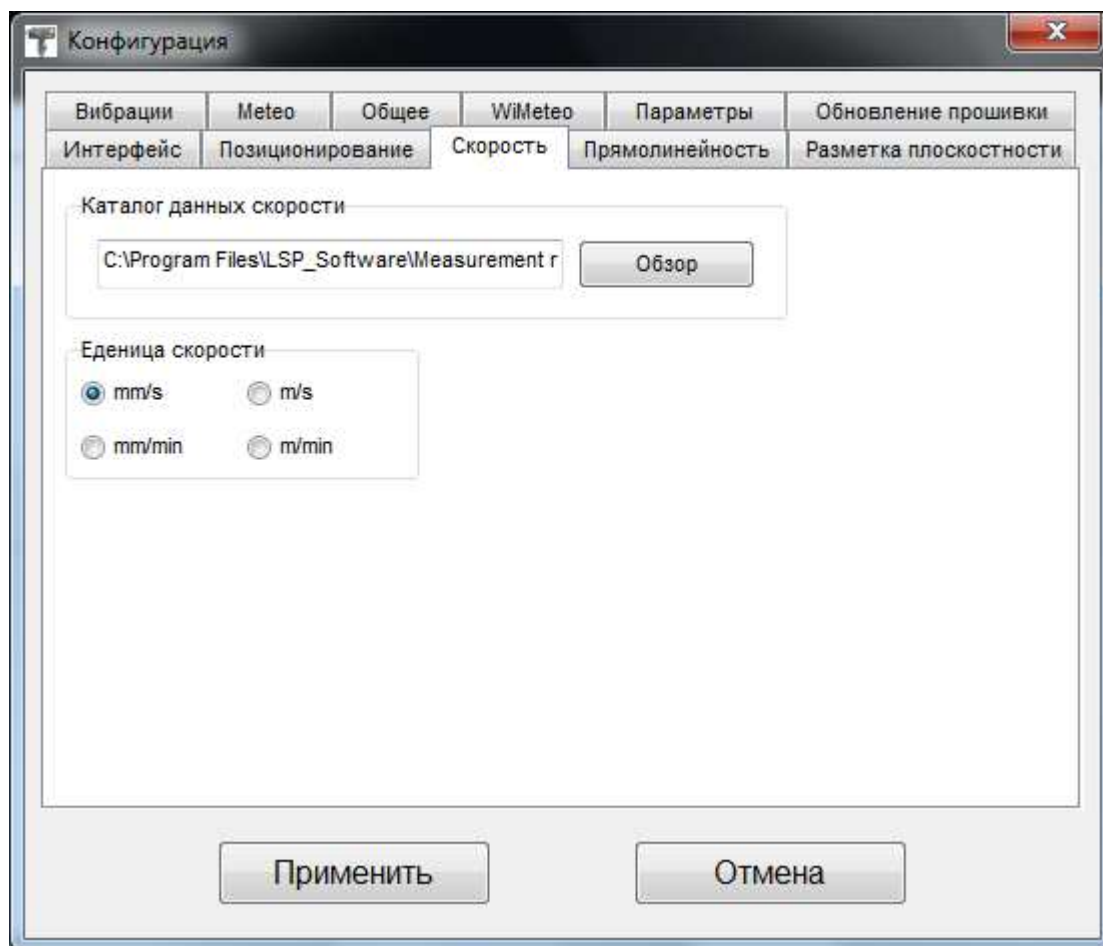


РИС.6.10. ОПЦИИ КОНФИГУРАЦИИ СКОРОСТИ

Процедура измерения

1. Установить лазер на измеряемой машине и настройте оптический путь
2. Запустите в программе LSP Software опцию Скорость
3. (дополнительно) Выберите желаемую Единицу скорости в окне Конфигурация
4. Нажмите кнопку **Пуск** и приведите в движение машину
5. Когда машина остановится, Нажмите кнопку **Стоп**, сохраните результаты и/или распечатайте отчёт об измерениях.

7

ИЗМЕРЕНИЯ - ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬ

Общее описание

Измерения прямолинейности это популярный тип измерений, который обычно используется, чтобы получить основные сведения о геометрии оси машины. С помощью этой опции измерения пользователь может измерить прямолинейность основы машины по всем важным поверхностям основания или проверка движения, например, измерение движение элементов машины в пространстве.

В системе HPI-1GHz измерения прямолинейности обеспечивают три основные алгоритмы: Угловой и Волластон. *Угловой* алгоритм предусматривает проведение измерений прямолинейности основы (как напр. оптический автоколлиматор); Алгоритм *Волластона*

предусматривает проведение измерений “передвижение в пространстве” – напр. Передвижение стола машины или охарактеризирование рабочего инструмента. Главные параметры этого алгоритма описаны в последней главе.

Выбор компонентов

Угловое измерение прямолинейности

Для **Угловых** измерений прямолинейности используется угловая оптика. Необходимые компоненты:

- Лазерная головка
- Блок питания
- Кабель, соединяющий лазерную головку с блоком питания
- Угловой интерферометр **IK1**
- Угловой ретро-рефлектор **RK1**

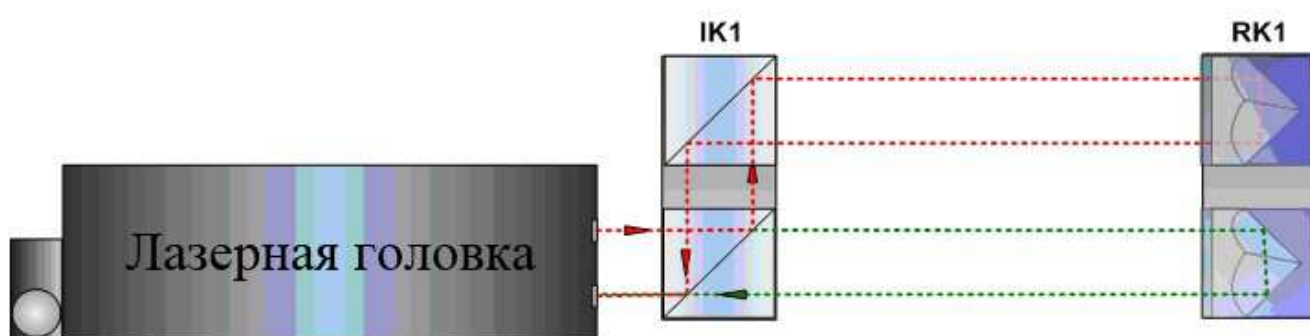
Дополнительные элементы:

- Кабель USB

- ПДУ
- Магнитный держатель **UM1**
- Штатив
- Группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - (ECU) **SM1**
- Температурный датчик базы

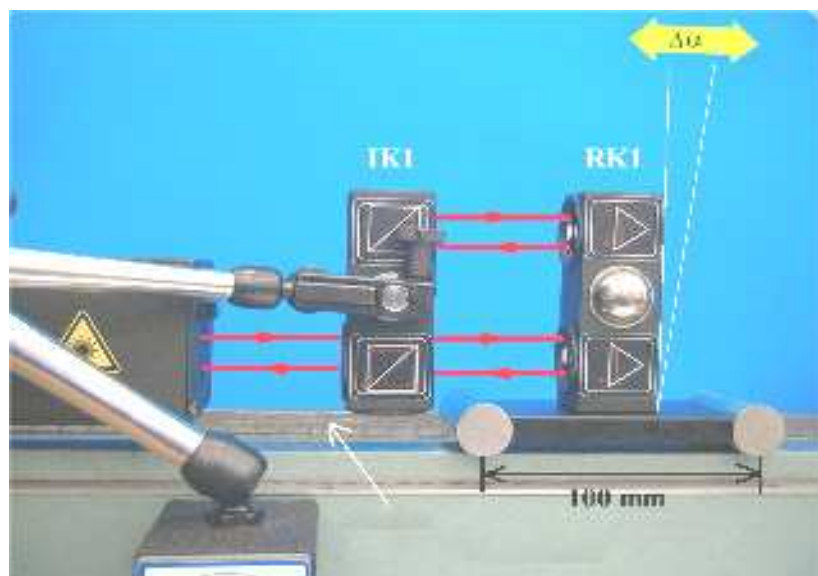
Угловые измерения прямолинейности требуют оптических элементов IK1 и RK1, выровненных вдоль лазерного луча, как показано на рисунке 6.1. Любой из элементов может быть перемещен.

Во время угловых измерений прямолинейности рекомендуется использовать SM1 (группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды). Датчики температуры базы не используются при этом измерении.

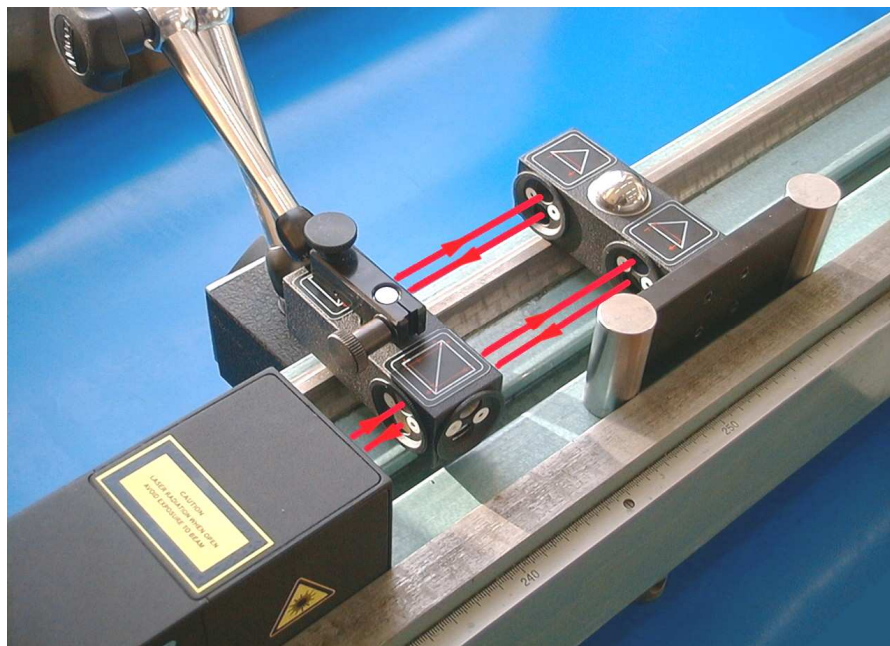


**РИС.7.1 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ - СХЕМА**

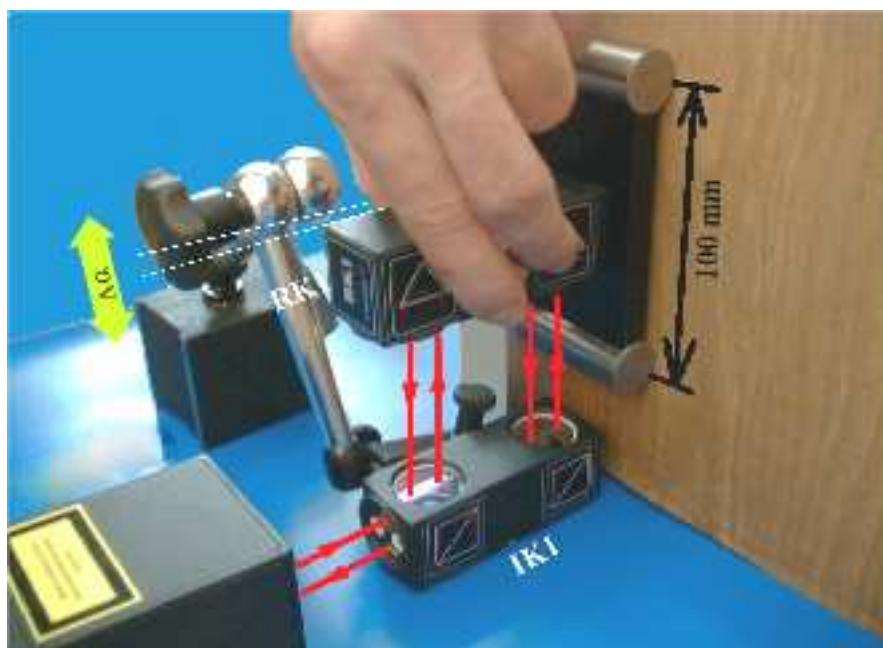
Угловые измерения прямолинейности могут выполняться не только вдоль лазерного луча (как показано на рисунках 7.1 и 7.2), но и в направлениях, перпендикулярных лазерному лучу. Эти конфигурации показаны на рисунках 7.3 и 7.4 (причём в них можно перемещать только ретро-рефлектор RL1).



**РИС.7.2 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ПО ОСИ X**



**РИС.7.3 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ПО ОСИ Y**



**РИС.7.4 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ПО ОСИ Z**

Измерения прямолинейности Волластона

Измерения прямолинейности **Волластона** требуют оптику Волластона. Необходимые компоненты:

- Лазерная головка
- Блок питания
- Кабель, соединяющий лазерную головку и блок питания
- Призма Волластона **WP2-3** или **WP2-10**
- Ретро-рефлектор Волластона **WRP1**

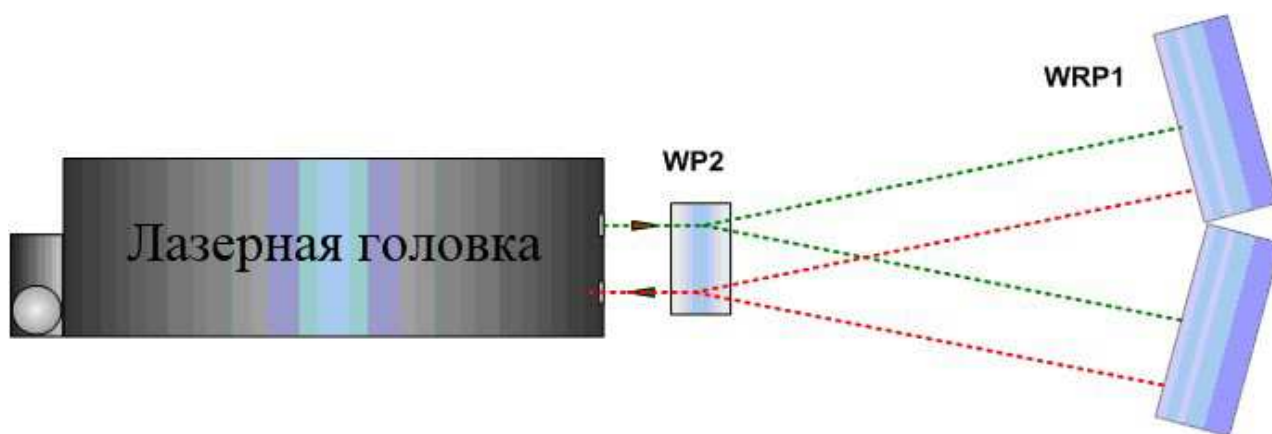
Дополнительные элементы:

- Кабель USB
- ПДУ
- Магнитный держатель **UM1**
- Штатив
- Группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - (ECU) **SM1**
- Температурный датчик базы

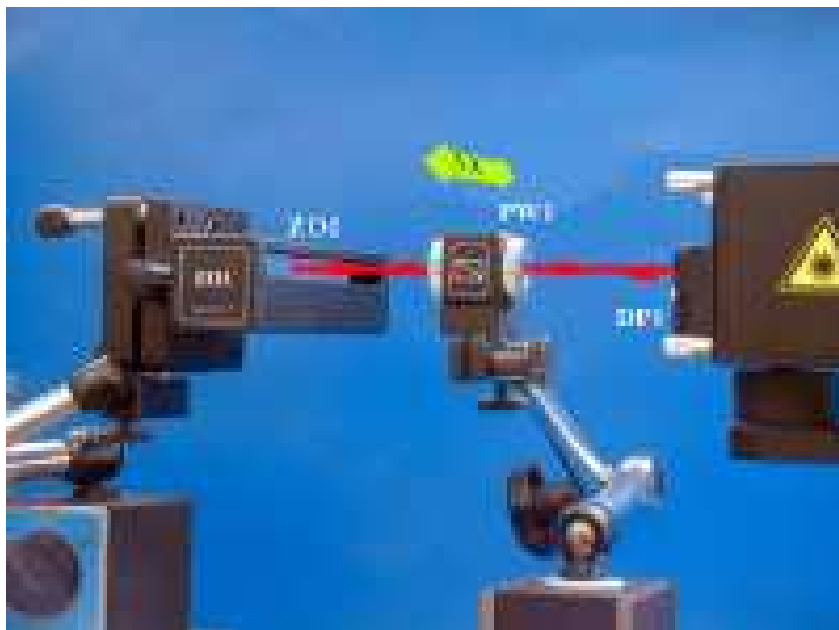
Измерения прямолинейности Волластона требуют оптических элементов **WP2-3** или **WP2-10** (в зависимости от требуемого

диапазона измерения) и WRP1, выровненных вдоль лазерного луча, как показано на рис.7.5. Любой из элементов можно переместить.

Во время измерений прямолинейности Волластона рекомендуется использовать SM1 (группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды). Датчики температуры базы не используются при этом измерении.

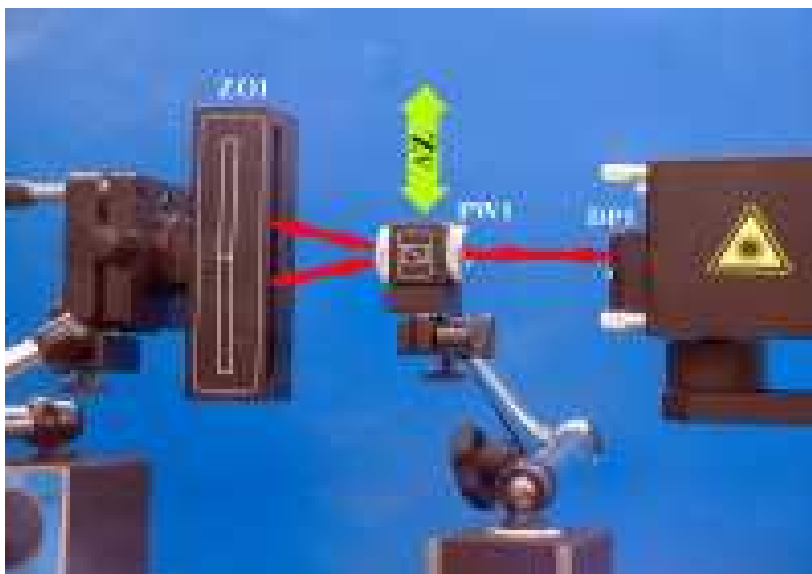


**РИС.7.5 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ВОЛЛАСТОНА - СХЕМА**



**РИС.7.6 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ВОЛЛАСТОНА ПО ОСИ X**

Измерения прямолинейности Волластона может быть выполнена в двух конфигурациях - горизонтальная X (рис. 7.6) и вертикальная Z (рис. 7.7). В конфигурации X измеряется только прямолинейность пути в оси X. Аналогичная ситуация для Z.



**РИС.7.7 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ВОЛЛАСТОНА ПО ОСИ Z**

Описание программного обеспечения

Все виды прямолинейностей измеряются посредством выбора опции **Прямолинейность** из **Главное меню**. Вид окна программы LSP Software показан на Рис. 7.12. Окно состоит из четырёх основных полей:

- На дисплее показано текущее расстояние и уровень сигнала;
- График прямолинейности; в Угловом режиме или Волластона видимый только один график;
- Поле значений прямолинейности – комбинации времени и измеренных значений;

- Панель кнопок;

В верхнем правом углу находится кнопка изменения режима измерения (рис. 7.12). Здесь доступны четыре опции: Угловая, Волластон и Pitch/Yaw. Последняя опция описана в другой главе инструкции.

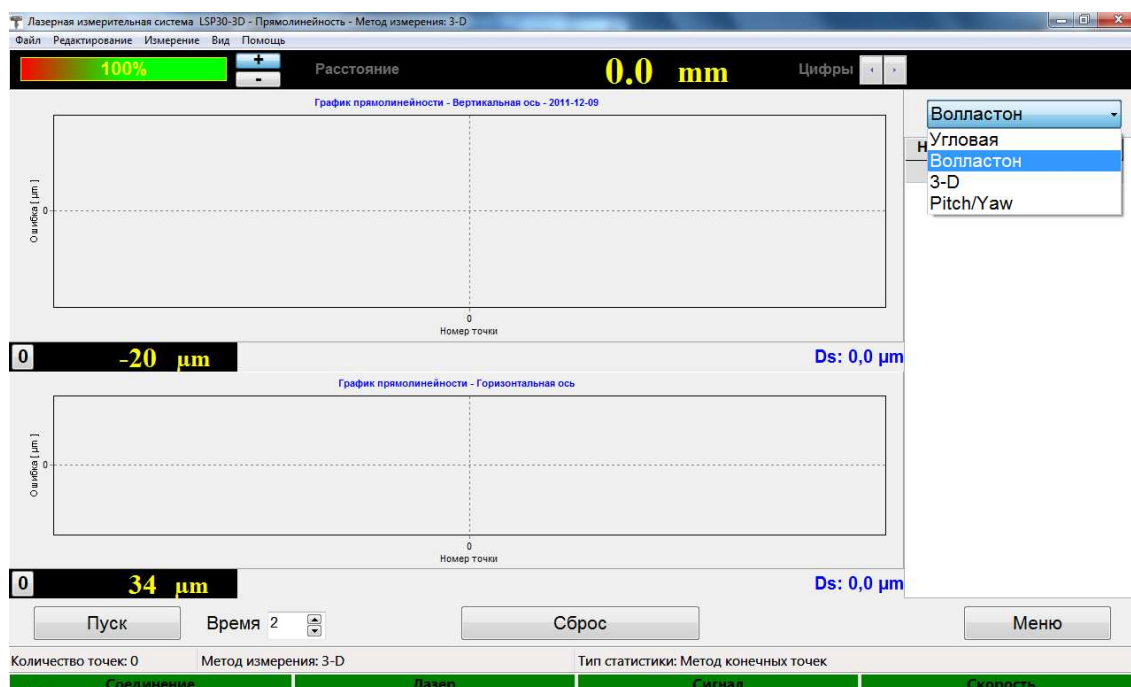


РИС.7.12. ОКНО ИЗМЕРЕНИЙ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ

После начала измерений следует нажать кнопку **Старт** и объект, прямолинейность которого интересует, следует переместить. Для завершения измерений прямолинейности нужно нажать кнопку **Стоп**. Во время измерений на экране будет постоянно обновляться график

прямолинейности. При нажатии на график и одновременном передвижении мышью вправо график будет увеличиваться. Нажатием на график и одновременным передвижением мышью влево увеличение убирается.

Меню Прямолинейность

Показанный график можно распечатать или сохранить в файле. Для этого следует нажать на меню **Файл**, а потом соответствующую опцию (Сохранить, Сохранить как, Печать – см. рис. 7.13).

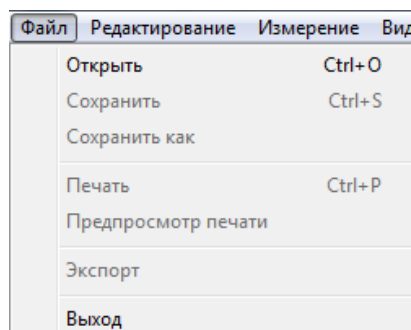


РИС.7.13. ОКНО ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ *ФАЙЛ*

Перед сохранением в файл программа спросит о изменении данных машины (опция, доступная из меню *Редактирование->Данные машины*), таких как тип машины, её серийный номер, измеренные оси или оператор машины. Введение этих значений

описать проведённое измерение для дальнейшего анализа. Эти значения также будут показаны в отчёте.

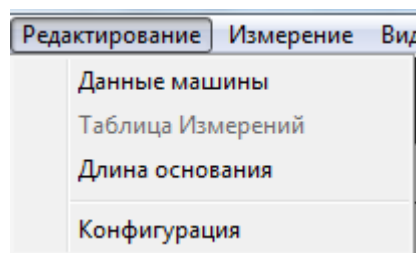


РИС.7.13. ОКНО ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ РЕДАКТИРОВАНИЕ

Другие опции, доступные в меню *Редактирование*:

- **Таблица измерений** – показаны несосчитанные данные для анализа, экспорт и печать;
- **Длина основания** – установка углового ретро-рефлектора RK1 длины основания (по умолчанию 100мм); опция доступна также в *Конфигурация->Параметры*;
- **Перпендикулярность** – расчёты перпендикулярности описаны дальше в этом разделе.
- **Конфигурация** – открытое окно Конфигурации показано на рисунке 7.14.

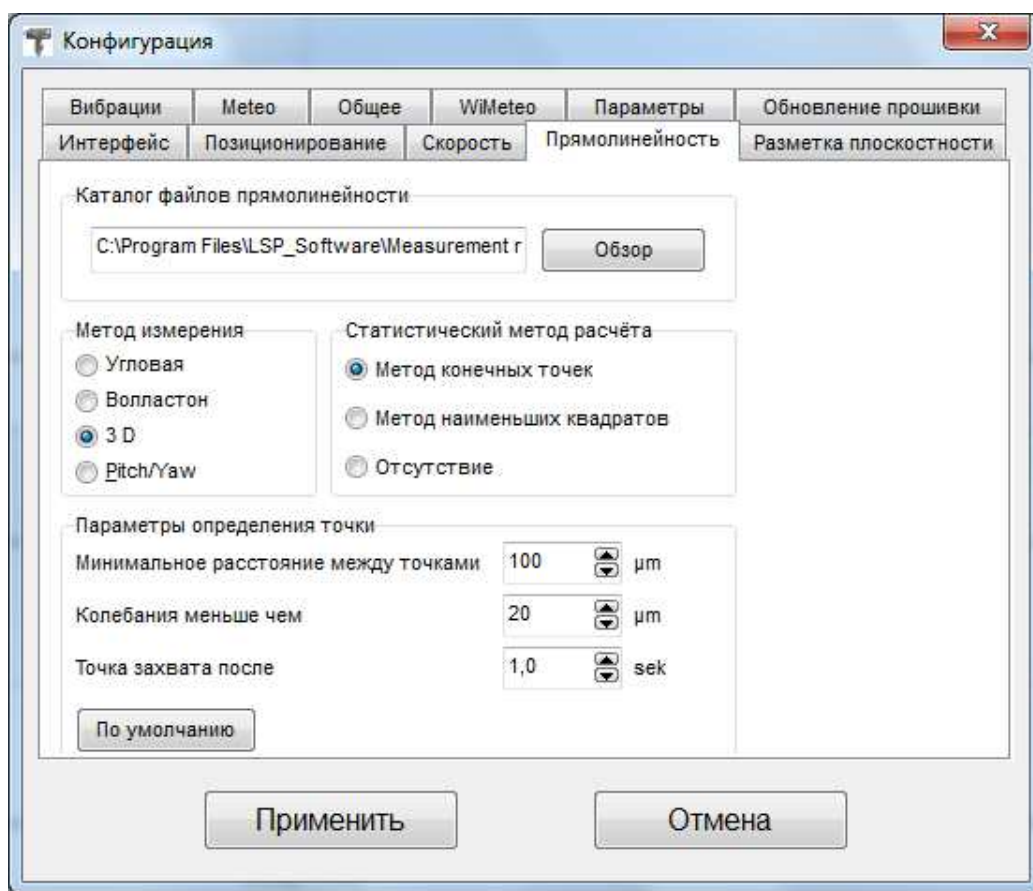


РИС. 7.14. ОПЦИИ КОНФИГУРАЦИИ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ

Отчёты

Результаты измерений можно не только сохранить, но и сгенерировать отчёт об измерениях, нажатием *Печать* или *Предпросмотр* в окне анализа измерений (рис. 7.15). Рапорт можно сгенерировать либо в базовой версии, где показан только график измеренных значений (рис. 7.16) либо в расширенной, в которой также представлены данные измерений.

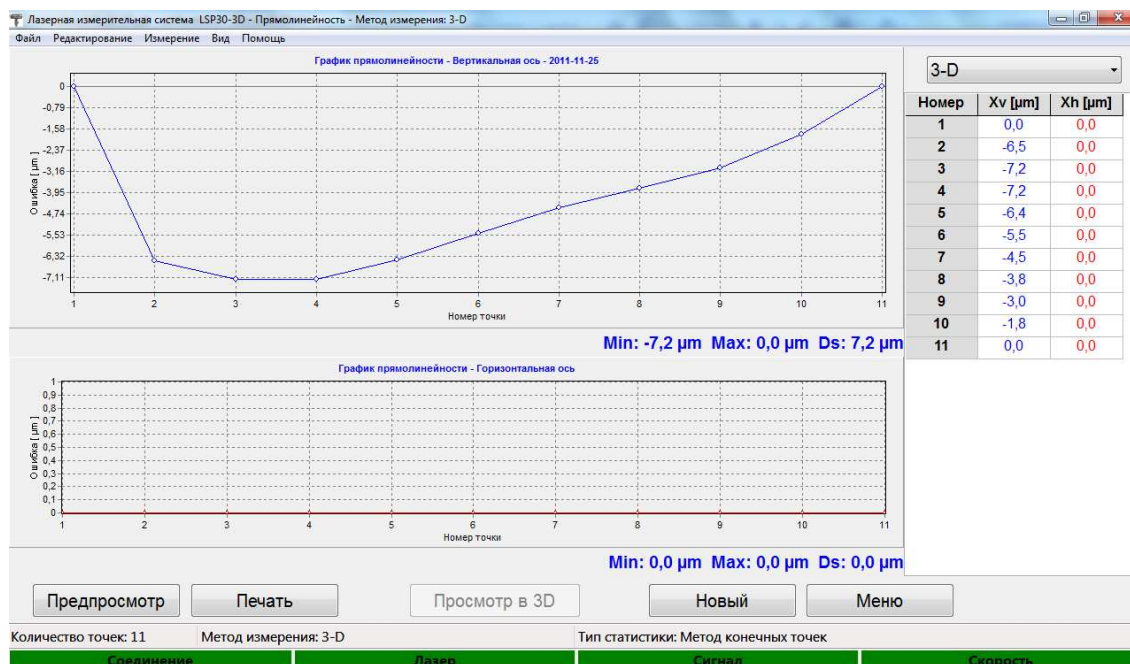


РИС.7.15. ОКНО АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ

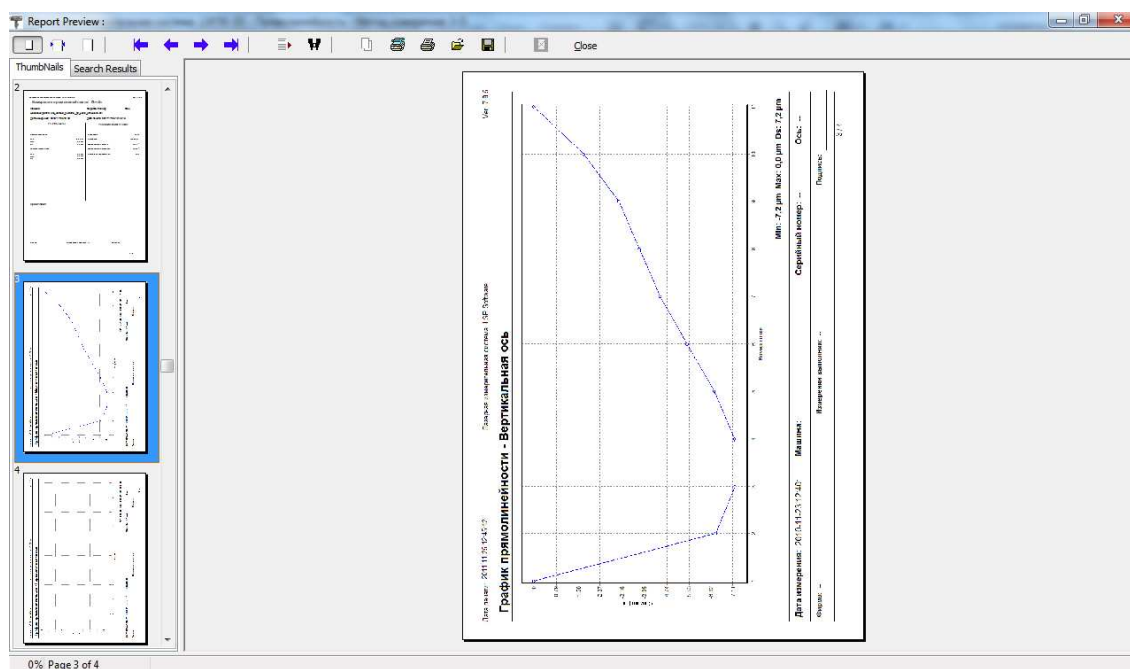
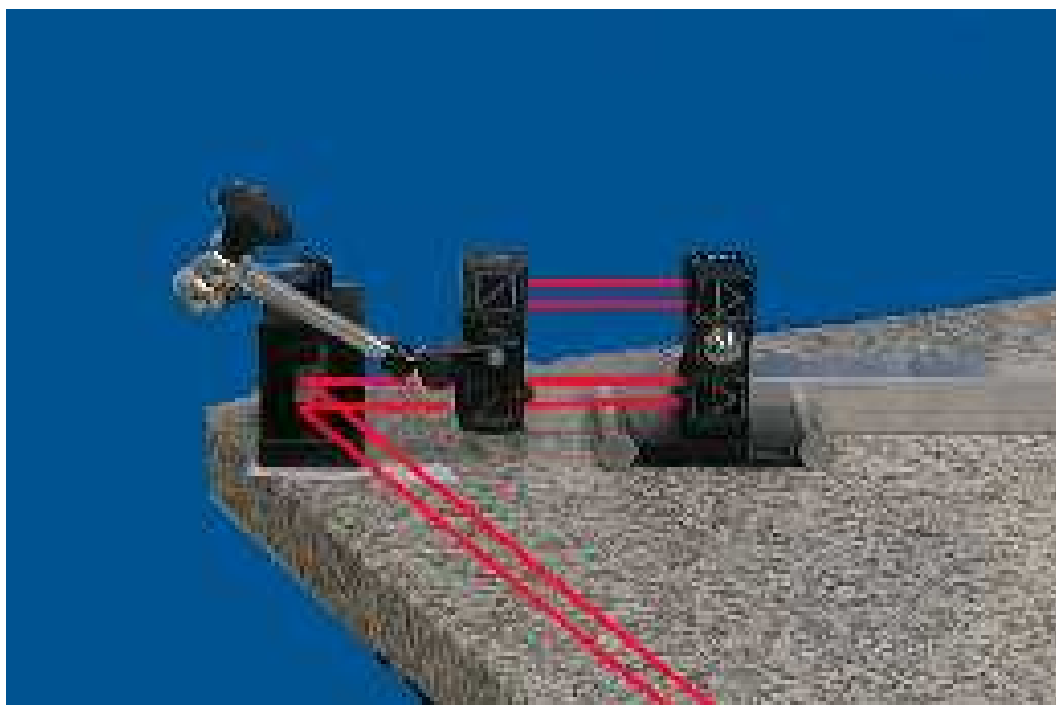


РИС.7.16. ОКНО ПРОЕДПРОСМОТРА ОТЧЁТА

Программа позволяет сохранить график скорости, а затем загрузить его, например, в редактор Word. Чтобы сохранить график в файл нужно нажать правой кнопкой мыши в области графика. Из контекстного меню, которое появится необходимо выбрать **Копировать в буфер обмена.**

Процедура угловых измерений прямолинейности

Измерения прямолинейности проводятся вдоль прямой линии, касающейся к основе углового ретро-рефлектора. Для того чтобы получить корректное измерение по прямой линии, вдоль которой ретро-рефлектор будет перемещён, необходимо закрепить его на оси. В каждый момент измерений поверхность ретро-рефлектора должна соприкасаться с траекторией измерения (см. рис.7.17).



**РИС.7.17. ПРИМЕР РАССТАНОВКИ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В
УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ**

Измерения прямолинейности основываются на передвижении ретро-рефлектора с интервалом 100 мм и измерении его угла отклонения. Перед началом измерения, измеряемые пункты должны быть обозначены на каждые 100 мм расстояния на главной шкале или на исследуемой поверхности.

Измерение можно проводить в автоматическом режиме (стандартное расположение) или в ручном с ручным захватом измеряемых пунктов.

В автоматическом режиме захвата точек измерение имеет место, когда временной интервал времени закончился. Время между захватом измеряемых точек используется на передвижение ретро-рефлектора на расстояние около 100 мм. Величина временного интервала напрямую зависит от опытности лица, проводящего измерение. Предлагается установить время на 10с и потом уменьшать в случае необходимости. Расположение временного интервала можно выбрать путем нажатия ← , → клавиш на экране компьютера . Ретро-рефлектор Р100 нужно установить вначале измеряемой оси недалеко от интерферометра. После нажатия кнопки **Старт** нужно подождать

захвата первого пункта. После этого передвинуть ретро-рефлектор на 100 мм и подождать захвата следующего пункта. Информация, отображаемая на экране, позволяет легко проводить измерение. После захвата последнего пункта нажмите **Стоп**.

Если с каким-то причинам не удастся переместить ретро-рефлектор до момента захвата - измерения следует повторить с самого начала и, возможно, интервал между точками нужно увеличить.

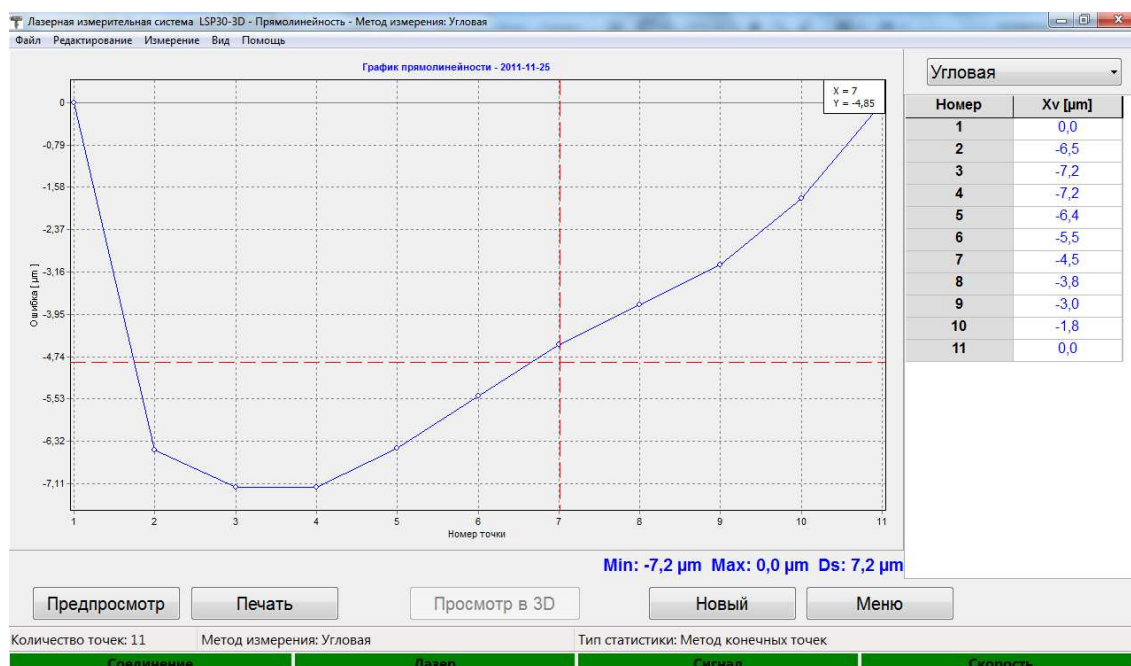


РИС.7.18. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ

Для проведения измерения в режиме ручного захвата пунктов, нужно выбрать **Автоматическое измерение** на панели **Измерение**.

Измерения начинаем нажатием кнопки **Старт**. Захват пунктов измерения можно произвести, используя клавиатуру или ПДУ. Каждый раз после передвижения ретро-рефлектора на 100 мм, измеряемый пункт будет захвачен. После захвата последнего пункта нажмите **Стоп**.

Результаты можно записать в файл или распечатать, как это было описано выше.

Процедура измерений перпендикулярности

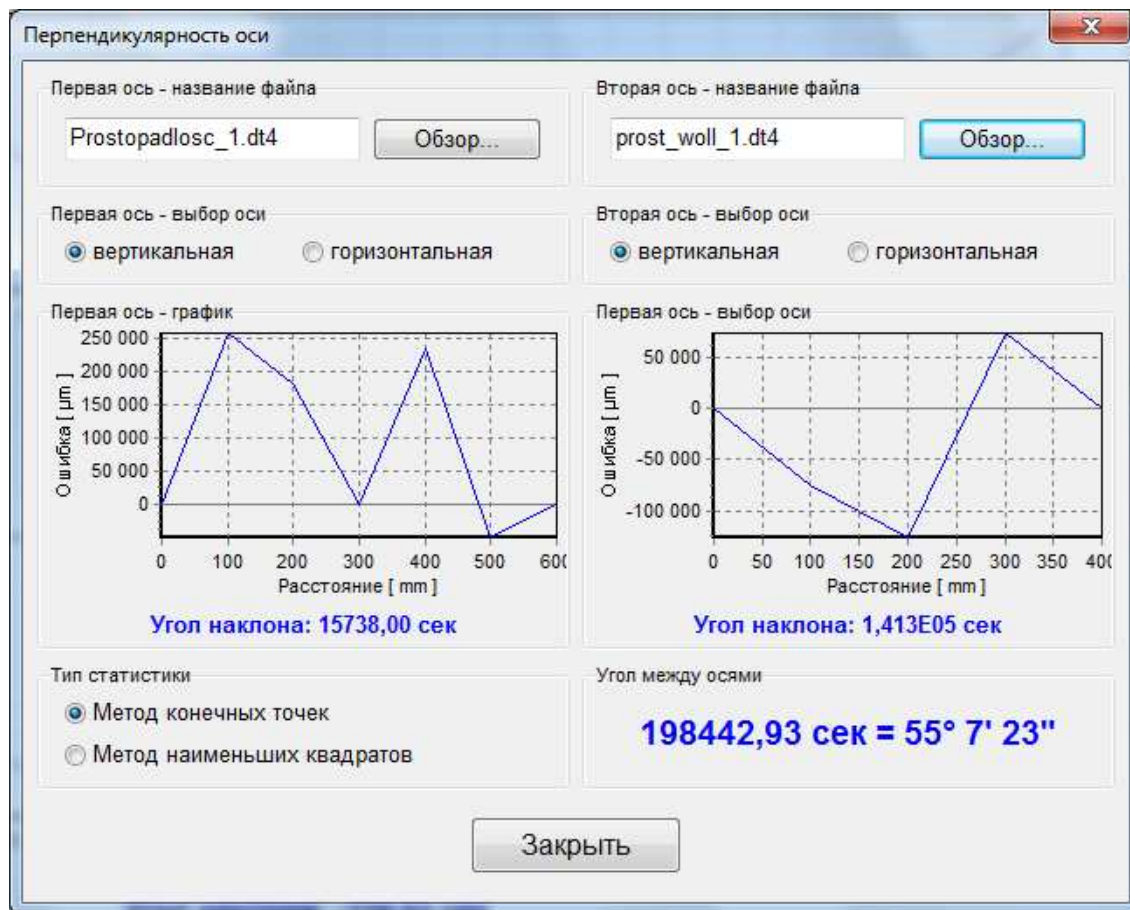


РИС.7.21. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ

Процедура измерения перпендикулярности осей машины:

- a. Настройка лазерной головки при определенном положении;
- b. Мера прямолинейности движения в первой оси согласно с предыдущим описанием процедуры.

- c. Сохраните полученные результаты.
- d. Мера прямолинейности движения во второй оси согласно с предыдущим описанием процедуры. Используйте эталон прямоугольной оптики. **Не передвигайте лазерную головку!!!** Любое изменение положения лазерной головки требует перезапуска процедуры с точки 1).
- e. Сохраните полученные результаты.
- f. Выберите опцию **Редактирование**
->**Перпендикулярность**. Вид окна показан на рис.7.21.
- g. Загрузите сохранённые результаты и выберите перпендикулярность интересующих осей (т.е. Горизонтальная или Вертикальная).
- h. Расчитанный угол показан в нижней части окна.

8

ИЗМЕРЕНИЯ - ПЛОСКОСТНОСТЬ

Общее описание

Измерения плоскостности производятся на основе измерений прямолинейности измеряемых угловым методом. Для того чтобы получить таблицу измерений плоскостности необходимо провести измерение прямолинейности угловым методом по восьми осях. Из полученных данных будет составлена карта плоскости (рис.8.1.).

Выбор компонентов

Для измерения плоскостности нужно использовать угловую оптику плюс дополнительные рефлекторы. Необходимые компоненты:

- Лазерная головка
- Блок питания
- Кабель, соединяющий лазерную головку с блоком питания
- Угловой интерферометр **IK1**
- Угловой ретро-рефлектор **RK1**
- Два лучевых отражателя **BB2** (см. рис. 8.2)

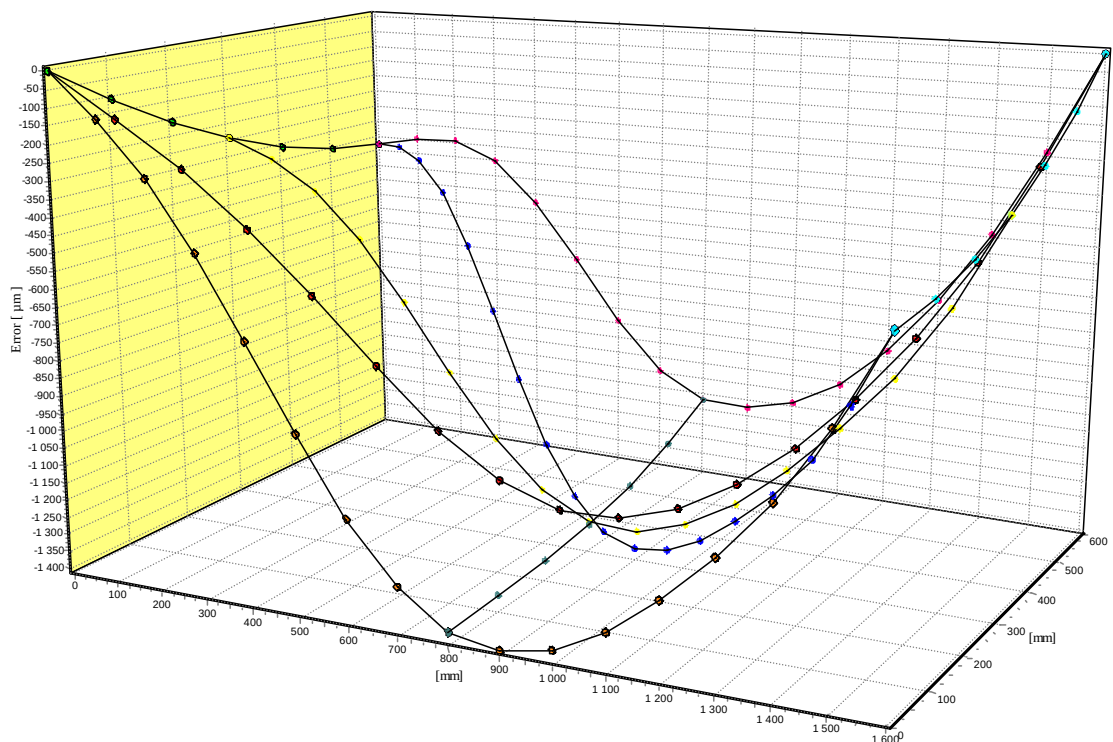
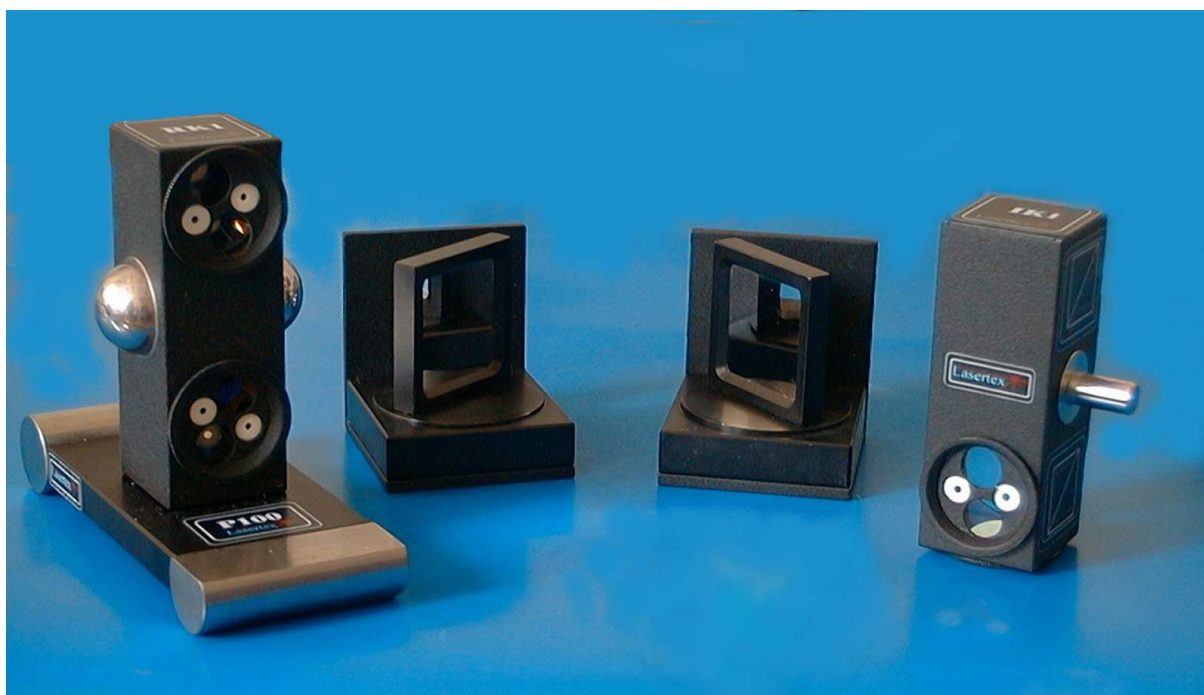


РИС.8.1. ПРИМЕР КАРТЫ ПЛОСКОСТНОСТИ

Дополнительные компоненты:

- Кабель USB
- ПДУ

- Магнитный держатель **UM1**
- Штатив
- Группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - (ECU) **SM1**
- Температурный датчик базы



**РИС.8.2. РАССТАНОВКА ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ПЛОСКОСТНОСТИ (IK1, RK1 НА ПОДСТАВКЕ P100 И BV2)**

Измерения плоскостности требуют, чтобы во время измерения первой оси оптические элементы IK1 и RK1 были выстроены вдоль лазерного луча, как показано на рисунке 8.3. Элемент IK1 является стационарным, а элемент RK1 - передвижным. Другие оси

измеряются с помощью одного или двух отражённых лучей, как показано на рисунке 8.4.

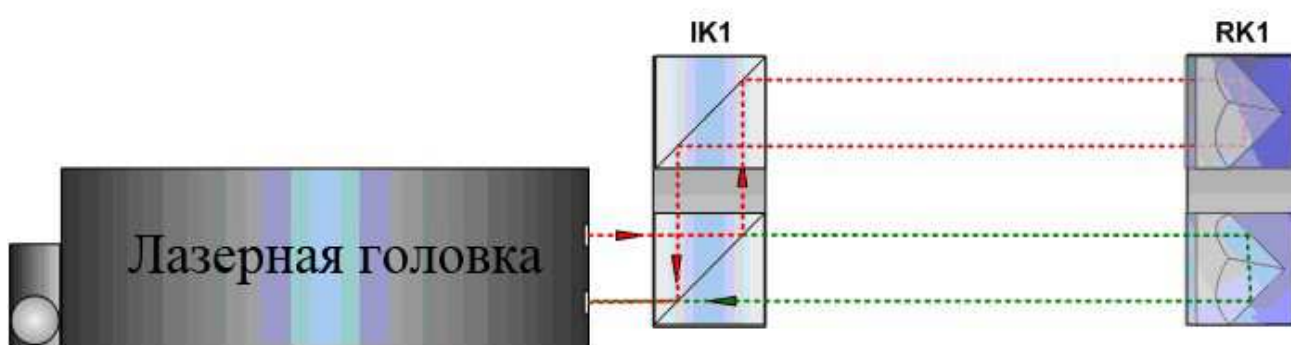


РИС.8.3 РАССТАНОВКА ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПЛОСКОСТНОСТИ - СХЕМА

Во время измерений плоскостности используйте SM1 (группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды). Датчики измерения температуры основания не используются.

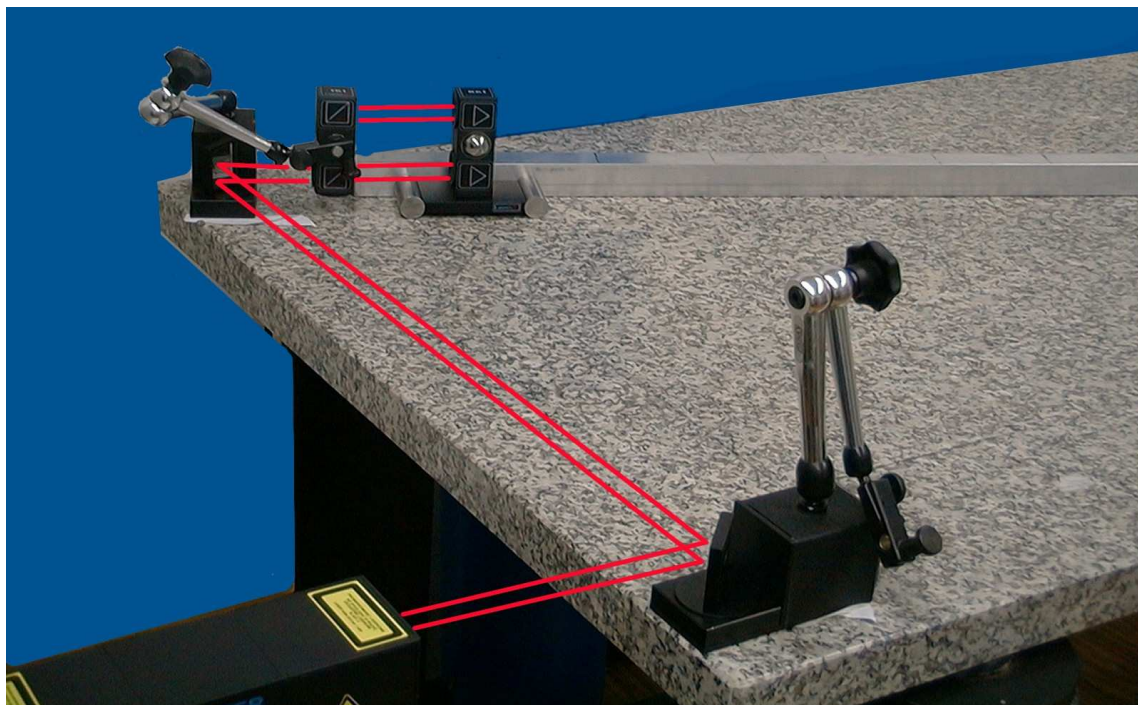


РИС.8.4. ВЫБОР ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ПЛОСКОСТНОСТИ В ОДНОЙ ИЗ ОСЕЙ

ВЫРАВНИВАНИЕ ОПТИКИ ДЛЯ ПЛОСКОСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения плоскостности состоят из измерений отклонений от режима прямолинейности вдоль 8 осей. Оси измерения установлены (панель – Измерения->Новая ось) на поверхности измерения как показано на рисунке 8.5. На рисунке также представлено: направления измерений на осях и поля должны удерживаться во время измерения.

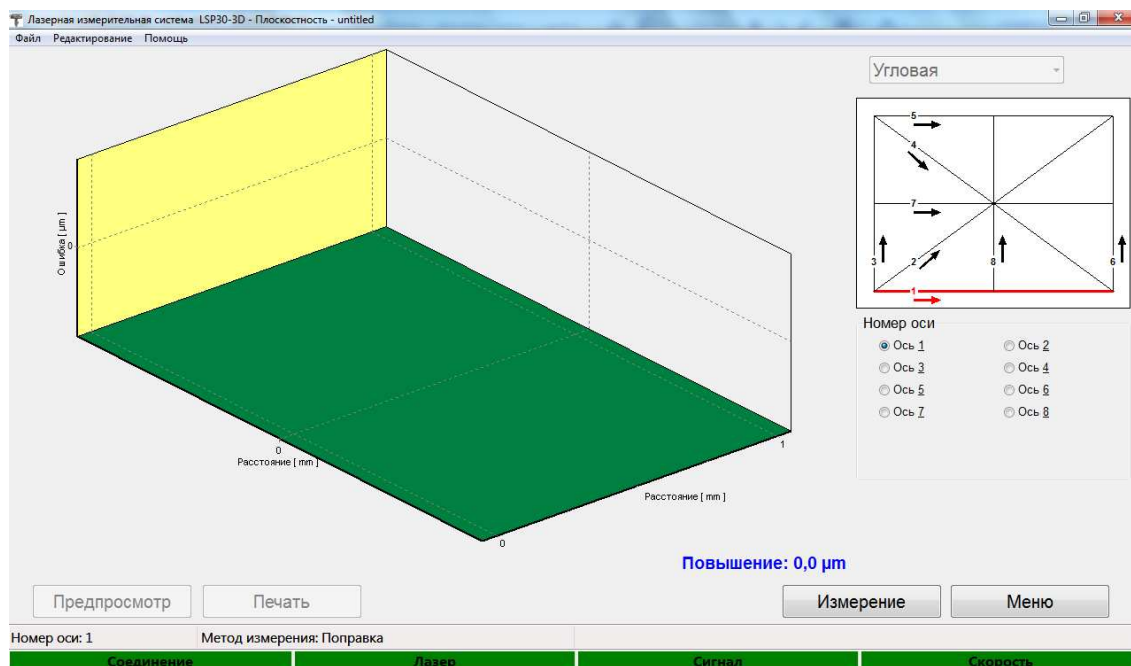


РИС.8.5. ОСИ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерения отклонений от прямолинейности производятся с помощью угловой оптики, как описано в главе измерения - прямолинейность. В зависимости от измерения оси, используется

также другой набор оптических компонентов и выравнивание оптического пути производится в несколько иначе. Все измерения плоскостности производятся с одной позиции лазерной головки, показанной на рисунке 8.5.

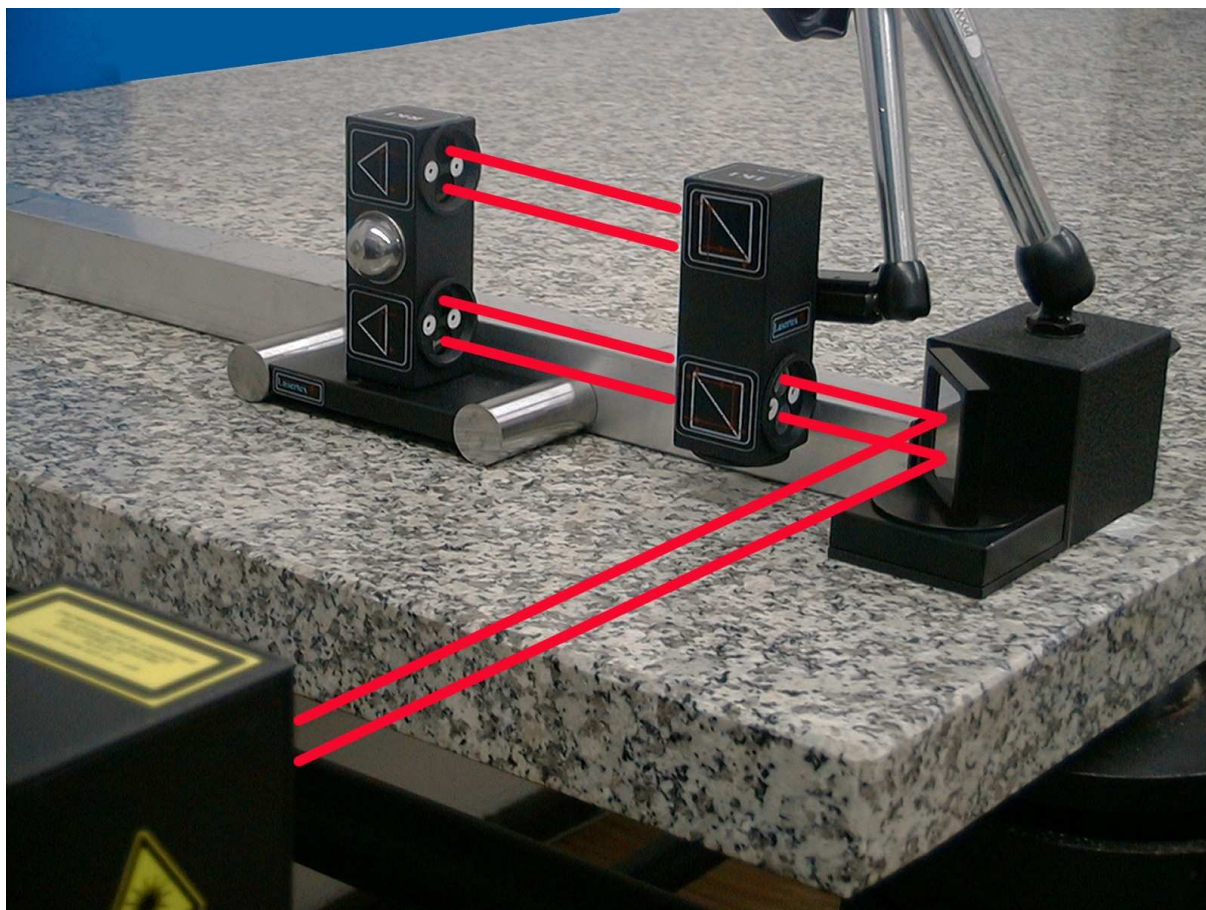
Измерения плоскостности выполняются при помощи опции **Плоскостность** доступной в **Главном меню**. После установки надлежащей длины основания (стандартно 100мм) и данных машины (Редактирование->Данные машины и Редактирование ->Длина основания), нажмите кнопку *Измерение*. После чего выберите ось измерения (рис. 8.5) и скорректируйте оптическую трассу (см. ниже). Когда по всем осям измерения будут закончены, следует нажать кнопку *График плоскостности*. Сохраните полученный график плоскостности (рис. 8.1), распечатайте или экспортируйте в файл (Файл->Сохранить, Файл->Печать или Файл->Экспорт).

Выравнивание оптического пути по оси “1”.

Измерение прямолинейности по оси “1” осуществляются при помощи оптических компонентов, метод описан в главе 7, *Измерения прямолинейности*.

Выравнивание оптического пути по осям: “3”, “6”, “8”.

Во время измерений плоскостности по осям “3”, “6” и “8” используется дополнительное направляющее луч зеркало **ZK1**. Процесс использования такой конфигурации показан на рисунке 8.7.



**РИС.8.6. РАССТАНОВКА ОПТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ВО ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ НА ОСЯХ: “3”, “6.” И “8”**

1. Установите перегородку на лазерной головке в позицию *Калибровка*,
2. Лучеотражающее зеркало **ZK1** установлено под 45° относительно исходящего из лазерной головки луча,
3. Поместите угловой интерферометр **ИК1** на измеряемую ось,
4. Установите перегородку интерферометра в положение *Калибровка*,
5. Измените положение лазерной головки так, чтобы луч падал на середину верхнего отверстия перегородки интерферометра
6. Установите перегородку на ретро-рефлекторе в положение *Калибровка*
7. Переместите ретро-рефлектор вдоль оси, измените позицию лазерной головки так, чтобы луч, проходящий через интерферометр, также падал на середину перегородки ретро-рефлектора,
8. После изменения положения перегородки на интерферометре и ретро-рефлекторе в рабочую позицию, убедитесь, что обратный луч попадает на середину отверстия на перегородке головки. Выполните проверочный проход ретро-рефлектора

вдоль оси измерения. Корректировки, если они нужны, производиться посредством изменения положения лазерной головки и интерферометра,

9. Установите перегородку лазерной головки в рабочее положение и проверьте уровень сигнала в окне программы, он должен быть близок к 100%,
10. После всех выше описанных процедур можно начинать процесс измерения.

Выравнивание оптического пути по осям: “5” и “7”

В течении процесса измерений плоскостности на осях “5” и “7” используют два лучеотражающих зеркала **ZK1**. Способ расстановки оптики показан на рис. 8.8.

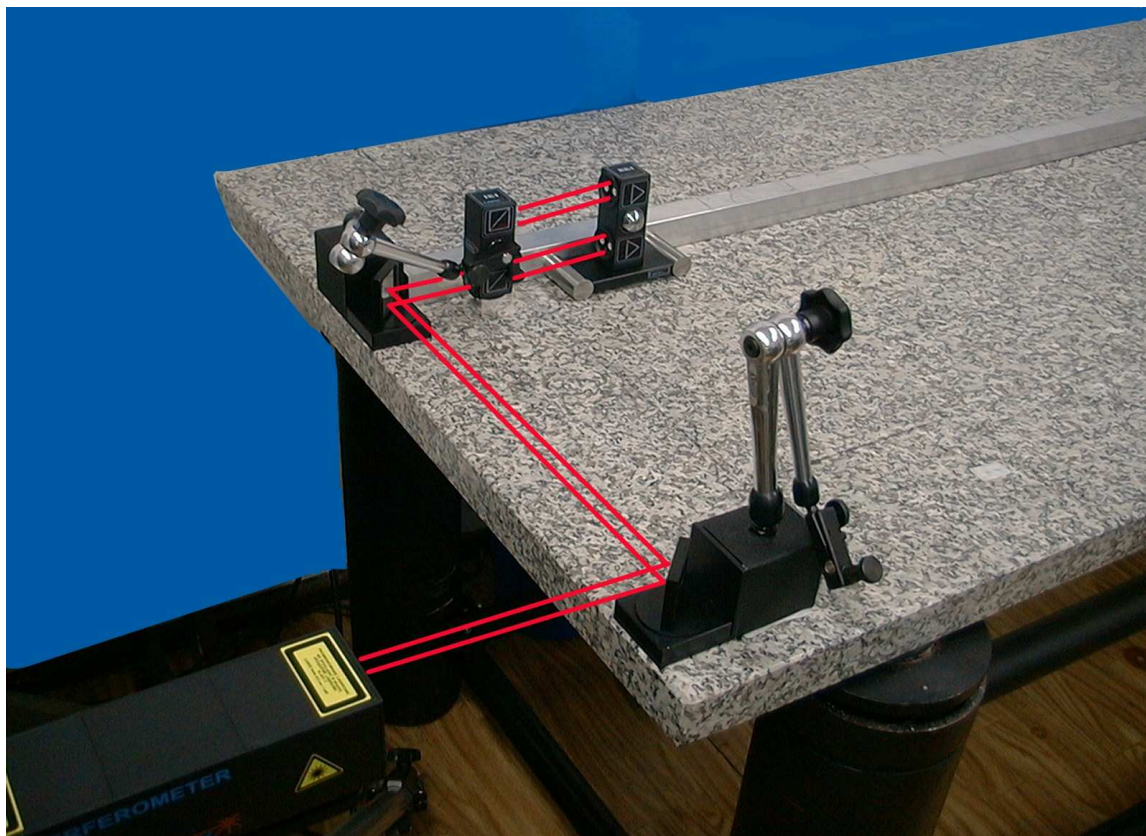


РИС.8.7. РАССТАНОВКА ОПТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ВО ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ НА ОСЯХ: “5” И “7”

1. Установите перегородку на лазерной головке в позицию *Калибровки*,
2. Первое лучеотражающее зеркало **ZK1** установлено под 45° относительно исходящего из лазерной головки луча. Позиция лазерной головки регулируется таким образом, что луч отражённый от первого зеркала проходит параллельно к оси

- “3” и падает на второе лучеотражающее зеркало. Второе зеркало установлено под углом 45° относительно первого,
3. Измените позицию и угол второго зеркала, направляющего отбитый луч вдоль оси “5” или “7”, таким образом, чтобы луч находился параллельно оси.
 4. Установите угловой интерферометр на магнитный держатель второго зеркала и поместите его на оптическую трассу,
 5. Установите перегородку углового интерферометра в позицию *Калибровка*,
 6. Измените позицию лазерной головки так, чтобы луч падал на середину верхнего отверстия перегородки интерферометра,
 7. Установите перегородку углового ретро-рефлектора в позицию *Калибровка*,
 8. Передвиньте ретро-рефлектор вдоль оси, изменяя позицию лазерной головки так, чтобы луч, проходящий через интерферометр, также падал на середину отверстия перегородки ретро-рефлектора,
 9. После изменения позиций перегородок на интерферометре и ретро-рефлекторе в *Рабочую* позицию, проверьте, чтобы отбитый луч падал на середину отверстия перегородки лазерной головки. Проверяя правильность конфигурации,

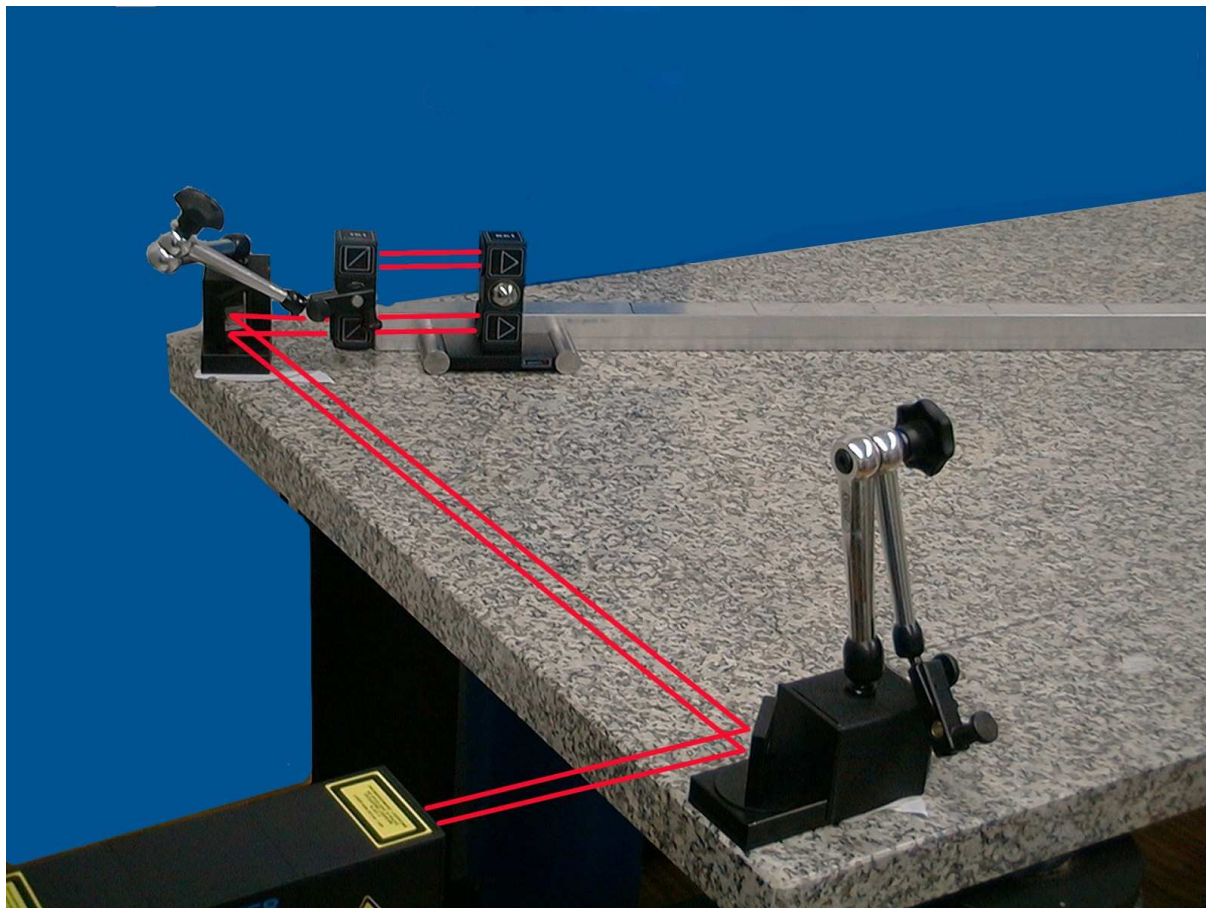
переместите ретро-рефлектор вдоль оси. Корректировки, если они нужны, производиться посредством изменения положения лазерной головки и интерферометра,

10. Установите перегородку лазерной головки в рабочее положение и проверьте уровень сигнала в окне программы, он должен быть близок к 100%,

11. После всех выше описанных процедур можно начинать процесс измерения.

Выравнивание оптического пути по осям: “2” и “4”

Подобно как в выше описанной процедуре, во время измерений плоскостности по осям “2” и “4” используются два лучеотражающих зеркала **ZK1**. Разница состоит только в том, что зачастую угол второго зеркала отличен от 45°. Способ расстановки оптики показан на рис. 8.9.



**РИС.8.8. РАССТАНОВКА ОПТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ВО ВРЕМЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ НА ОСЯХ: “2” И “4”**

- 12.1. Установите перегородку на лазерной головке в позицию *Калибровки*,
2. Первое лучеотражающее зеркало **ZK1** установлено под 45° относительно исходящего из лазерной головки луча. Позиция лазерной головки регулируется таким образом, что луч отражённый от первого зеркала проходит параллельно к оси “3” и падает на второе лучеотражающее зеркало. Второе

зеркало выставлено под соответствующим углом по отношению к первому,

3. Измените позицию и угол второго зеркала, направляющего отбитый луч вдоль оси “4”, таким образом, чтобы луч находился параллельно оси,
4. Установите угловой интерферометр на магнитный держатель второго зеркала и поместите его на оптическую трассу,
5. Установите перегородку углового интерферометра в позицию *Калибровка*,
6. Измените позицию лазерной головки так, чтобы луч падал на середину верхнего отверстия перегородки интерферометра,
7. Установите перегородку углового ретро-рефлектора в позицию *Калибровка*,
8. Передвиньте ретро-рефлектор вдоль оси, изменяя позицию лазерной головки так, чтобы луч, проходящий через интерферометр, также падал на середину отверстия перегородки ретро-рефлектора,
9. После изменения позиций перегородок на интерферометре и ретро-рефлекторе в *Рабочую* позицию, проверьте, чтобы отбитый луч падал на середину отверстия перегородки лазерной головки. Проверяя правильность конфигурации,

переместите ретро-рефлектор вдоль оси. Корректировки, если они нужны, производиться посредством изменения положения лазерной головки и интерферометра,

10. Установите перегородку лазерной головки в рабочее положение и проверьте уровень сигнала в окне программы, он должен быть близок к 100%,
11. После всех выше описанных процедур можно начинать процесс измерения.

В случае измерения по оси “2”, процедура выравнивания оптического пути такая же, как описана выше. Единственная разница – второе зеркало не используется.

9

ИЗМЕРЕНИЯ – PITCH/YAW

Общее описание

Измерения Pitch/Yaw разработаны для получения информации о геометрии оси машины. С помощью этой опции пользователь может измерять прямолинейность основания машины и всех важных поверхностей или проверять точность движения измеряемой машины. Ошибки измерений описаны в соответствующей литературе как ошибки Pitch/Yaw. Опция Pitch/Yaw очень похожа на опцию угловой прямолинейности, которая описана в этой инструкции. Эти два типа измерений отличаются от себя только методом подсчёта конечных результатов.

Выбор компонентов

Для измерений **Pitch/Yaw** используют угловую оптику.

Необходимые компоненты:

- Лазерная головка
- Блок питания
- Кабель, соединяющий лазерную головку с блоком питания
- Улофой интерферометр **IK1**
- Угловой ретро-рефлектор **RK1**

Дополнительные элементы:

- Кабель USB
- ПДУ
- Магнитный держатель **UM1**
- Штатив
- Группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - (ECU) **SM1**
- Температурный датчик базы

Измерения Pitch/Yaw требует использования оптических элементов IK1 и RK1, которые следует установить вдоль лазерного

луча, как показано на рис. 9.1. Любой из этих элементов можно перемещать.

Во время измерений Pitch/Yaw также рекомендуется использовать SM1 (группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды). Датчики температуры основания не используются.

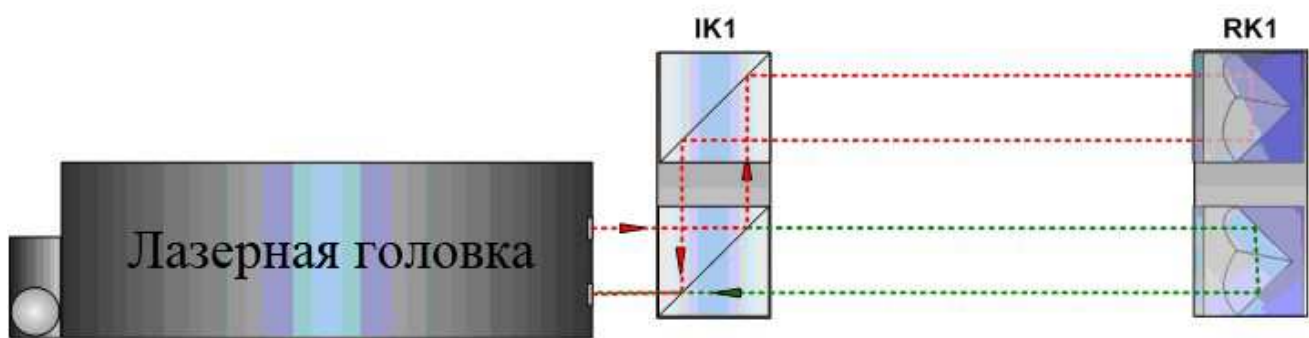
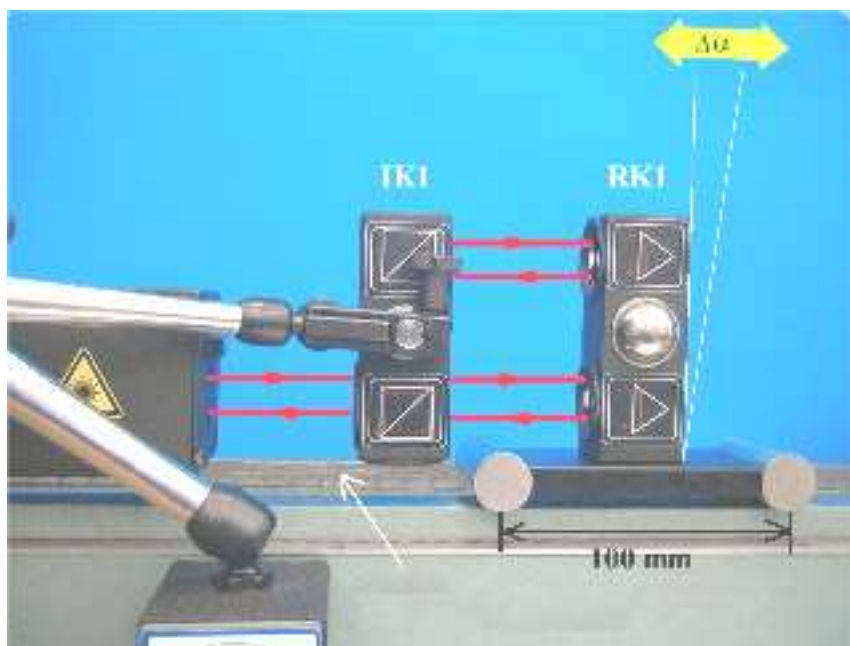
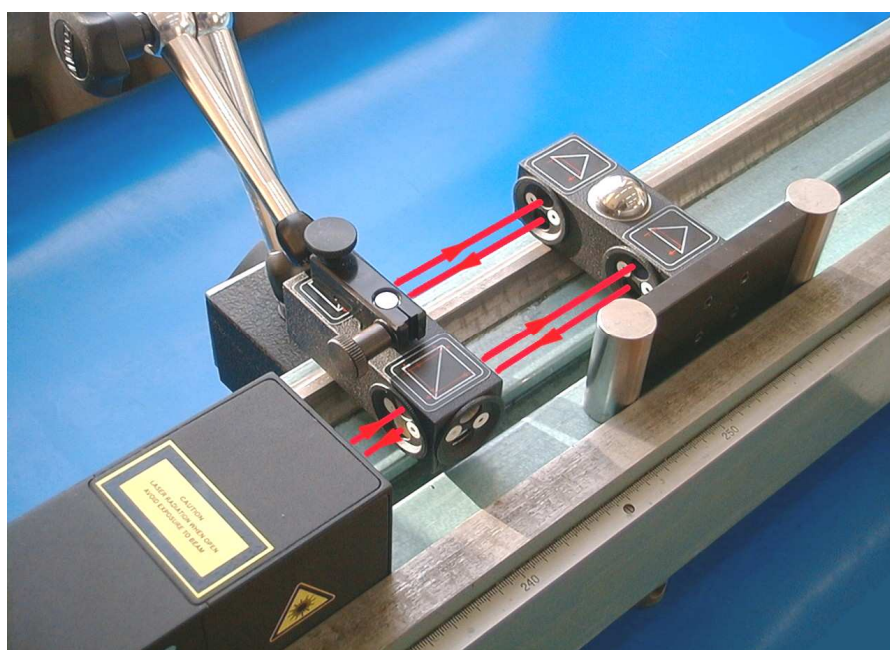


РИС.9.1 РАССТАНОВКА ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
PITCH/YAW - СХЕМА

Измерения Pitch/Yaw можно проводить не только вдоль лазерного луча (как показано на рис. 9.1 и 9.2), но и также в направлениях перпендикулярных лазерному лучу. Эта конфигурация показана на рис. 9.3 и 9.4. В последних двух конфигурациях перемещать можно только ретро-рефлектор RK1.



**РИС.9. НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ PITCH/YAW
ПО ОСИ X**



**РИС.9.3 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ PITCH/YAW
ПО ОСИ Y**

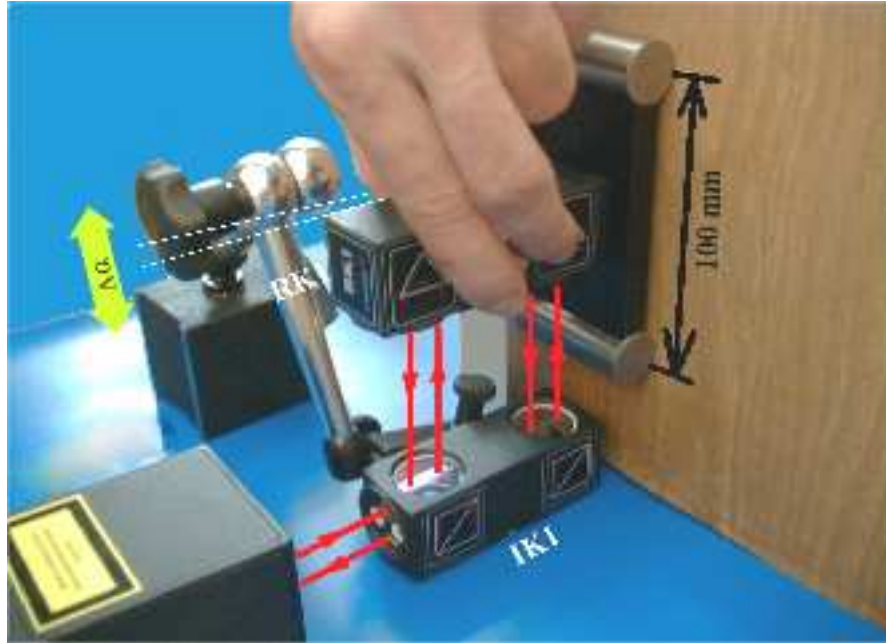


РИС.9.4 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ PITCH/YAW
ПО ОСИ Z

Описание программного обеспечения

Ошибки Pitch/Yaw можно измерить при помощи опции **Pitch/Yaw** из **Главного меню**. Окно программы LSP Software должно выглядеть как показано на рис. 9.5. Окно состоит из четырёх главных областей:

- Область, показывающая последний измеренный угол и уровень сигнала;
- График, представляющий полученные результаты измерения;
- Таблица, представляющая полученные результаты измерения
- Панель с кнопками

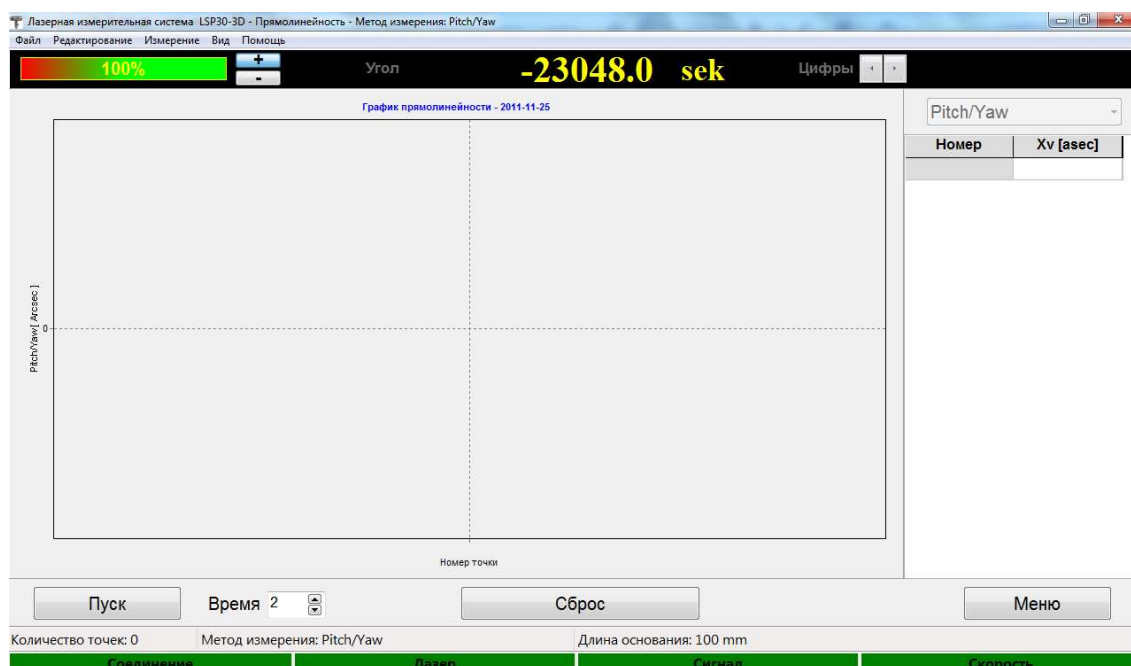


РИС.9.5. ОКНО ИЗМЕРЕНИЙ PITCH/YAW

Перед началом измерений убедитесь, что выбран правильный метод захвата точек из меню *Измерение* (см. рис. 10.6). Доступны два метода:

- Период захвата точки – захват точки происходит автоматически по истечению установленного времени
- Ручной захват точки – захват точки происходит после нажатия пользователем кнопки *Захват точки* или нажатием кнопки на ПДУ

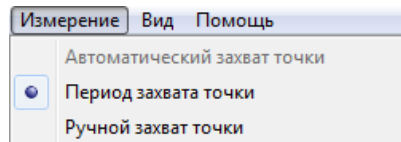


РИС.9.6. МЕНЮ ИЗМЕРЕНИЕ PITCH/YAW

Как только процесс измерения начался, нажмите кнопку **Старт**.
Для того чтобы закончить процедуру измерения нажмите кнопку **Стоп**. В процессе измерения график будет постоянно обновляться.

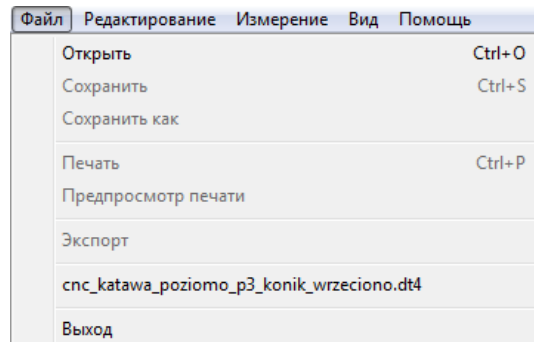
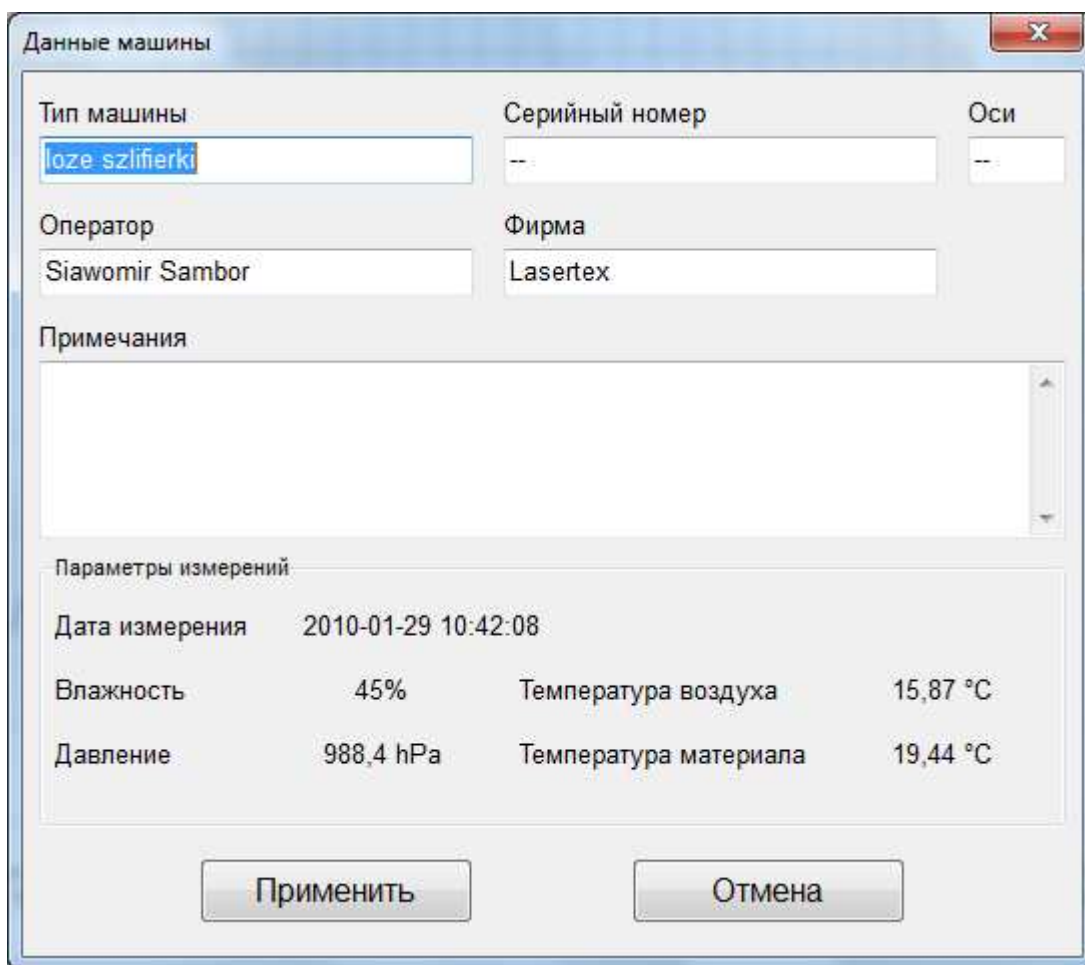


РИС.9.7. МЕНЮ ФАЙЛ PITCH/YAW

Полученные результаты можно сохранить, распечатать или экспортировать (меню Файл). Перед сохранением в файл программа спросит о изменении данных аппарата (опция доступна в меню *Редактирование->Данные машины*), таких как тип, серийный номер, измеренная ось или оператор машины (см. рис. 9.8). Введение этих значений позволяет описать проведённые измерения для дальнейшего анализа. Эти значения также будут представлены в отчёте.



Данные машины

Тип машины: loze szlifierki

Серийный номер: --

Оси: --

Оператор: Siawomir Sambor

Фирма: Lasertex

Примечания:

Параметры измерений

Дата измерения: 2010-01-29 10:42:08

Влажность: 45%

Давление: 988,4 hPa

Температура воздуха: 15,87 °C

Температура материала: 19,44 °C

Применить Отмена

РИС.9.8. ОКНО ДАННЫХ МАШИНЫ

Измеренные данные можно не только сохранить, но и сгенерировать и распечатать отчёт на их основе, нажав *Печать* или *Предпросмотр* в окне анализа измерений (рис. 9.9). Отчёт можно сгенерировать в базовой форме, где будет представлен только график и измеренные значения или в расширенной форме, с данными измерения.



РИС.9.9. ОКНО АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЯ PITCH/YAW

Программа позволяет сохранить график скорости с возможностью его загрузки в MS Word. Чтобы сохранить график в файл следует кликнуть правой кнопкой мыши в области графика. Из появившегося меню выбрать опцию **Копировать в буфер обмена**.

Опции конфигурации для Pitch/Yaw доступны в окне *Конфигурация->Прямолинейность*. Важным является выбор метода статического подсчёта (рис. 9.10) конечных результатов. Нужно выбрать Метод конечных точек или Метод конечных квадратов. Для анализа необработанных данных нужно выбрать Отсутствие.

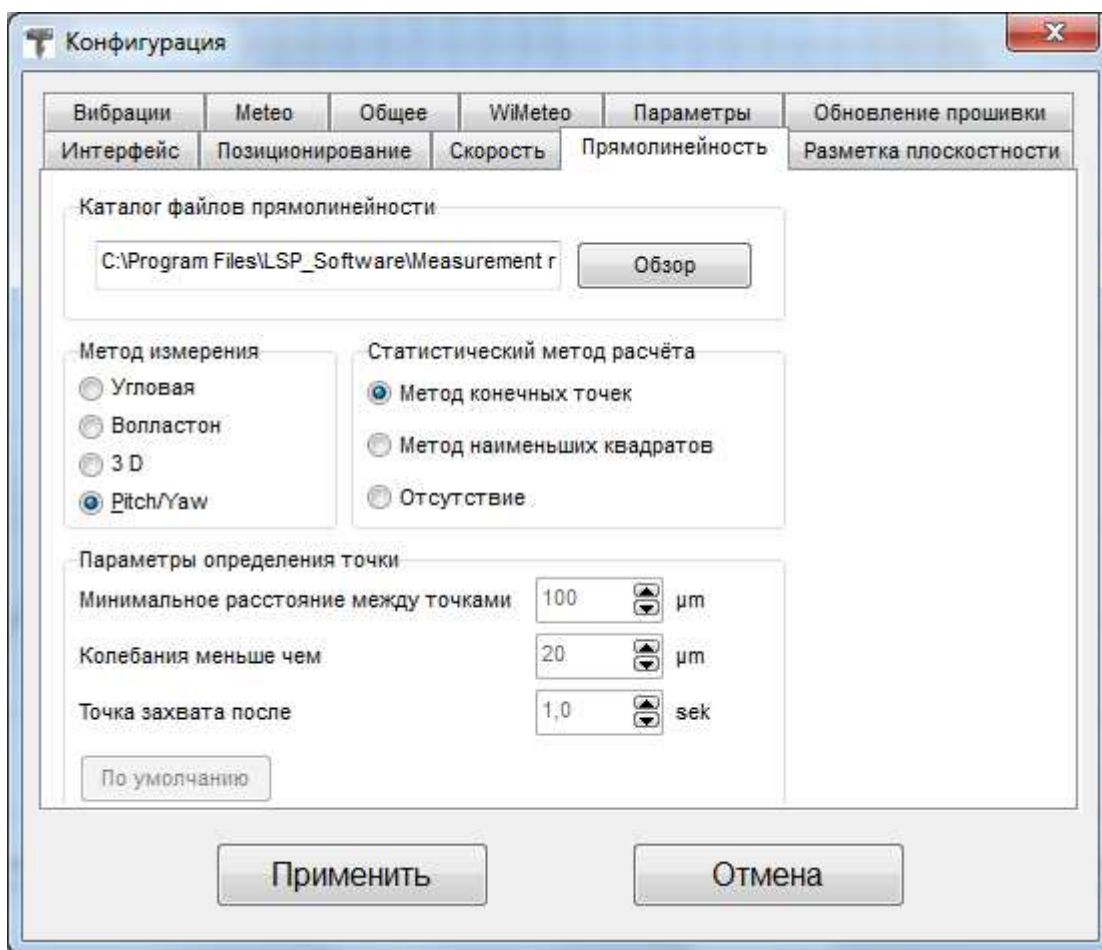


РИС. 9.10. ОПЦИИ КОНФИГУРАЦИИ PITCH/YAW

Процедура измерения

1. Установите лазер на измеряемый аппарат и настройте оптическую трассу.
2. Запустите в программе LSP Software опцию Pitch/Yaw.
3. Выберите желаемый метод захвата точек.
4. Нажмите кнопку Старт и запустите аппарат.

5. В ручном режиме нажимайте на кнопку ПДУ для захвата; в автоматическом режиме программа сама будет захватывать точки.
6. Остановите процесс измерения.
7. Сохраните результаты и/или распечатайте отчёт измерений.

10

ИЗМЕРЕНИЯ - ВИБРАЦИЯ

Общее описание

Измерения вибрации проводятся с использованием линейной оптики. Измерения этого типа проводятся, например, для получения характеристики вибрации двигателя. Лазерная измерительная система HPI-1GHz способна улавливать вибрации в диапазоне от 0 до 500 Гц.

Система позволяет измерять вибрацию в различных конфигурациях в одиночном и непрерывном режимах. Параметры измерения можно выставить в окне *Конфигурация->Вибрация*.

Выбор компонентов

Для измерений вибрации используется линейная оптика.

Необходимые компоненты (см. также рис. от 10.1 до 10.4):

- Лазерная головка
- Блок питания
- Кабель, соединяющий лазерную головку с блоком питания
- Линейный интерферометр **IL1**
- Линейный ретро-рефлектор **RL1**

Дополнительные элементы:

- Кабель USB
- ПДУ
- Магнитный держатель **UM1**
- Штатив
- Группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - (ECU) **SM1**
- Температурный датчик базы

Измерения вибрации требуют оптических элементов IL1 и RL1, которые надлежит установить вдоль лазерного луча, как показано на рис. 10.1. Лазер измеряет разницу колебаний обоих оптических элементов (т.е. IL1 и RL1).

Во время измерений вибрации рекомендуется использовать SM1 (группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды). Датчики температуры основания не используются.

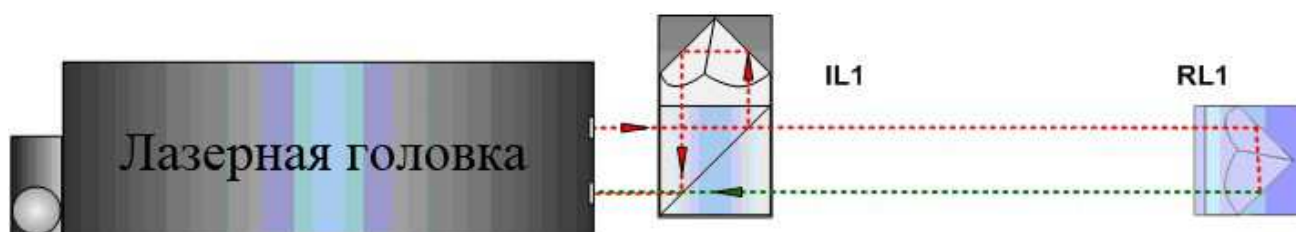
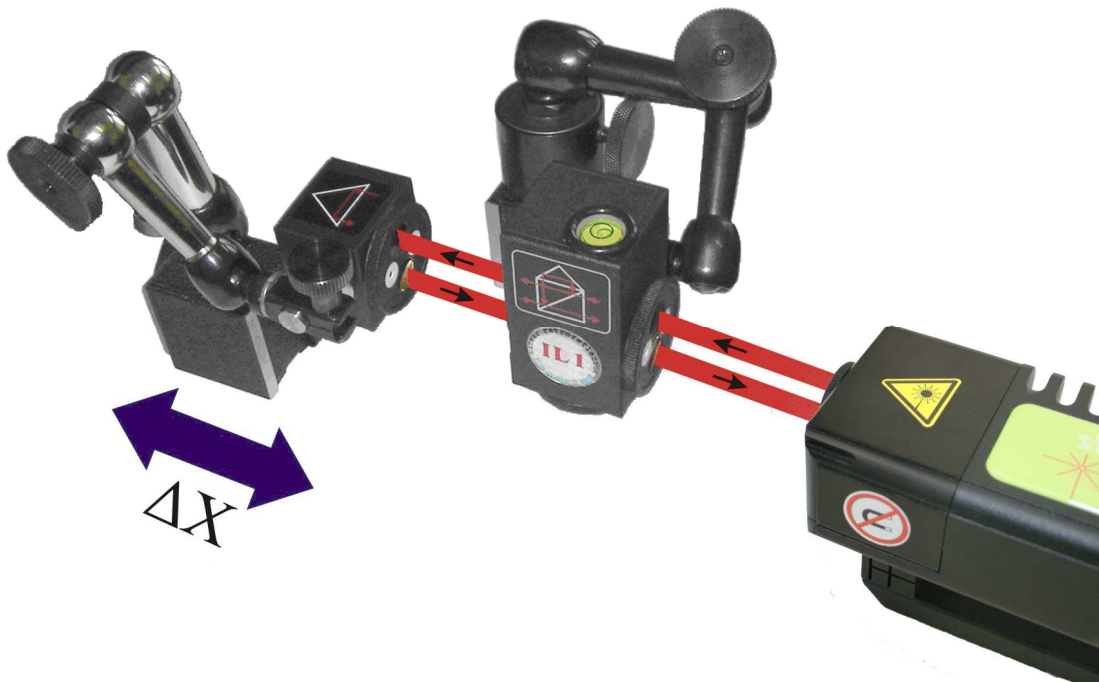
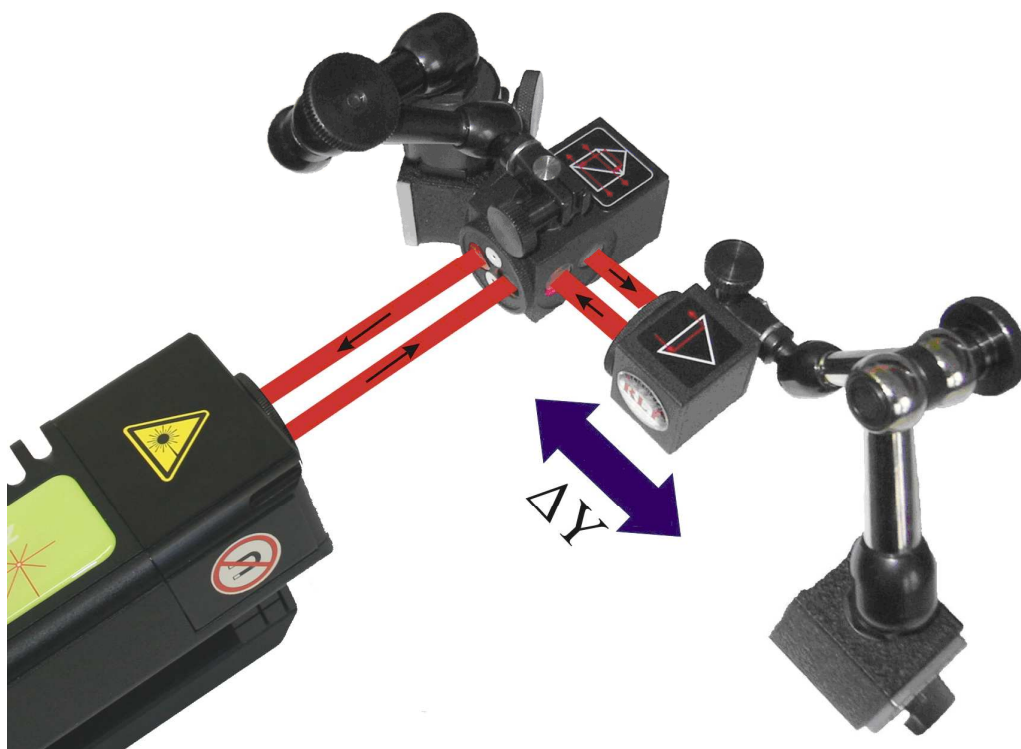


РИС.10.1 РАССТАНОВКА ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ВИБРАЦИИ - СХЕМА

Измерения вибрации можно проводить не только вдоль лазерного луча (как показано на рис. 10.1 и 10.2), но и также в направлениях перпендикулярных лазерному лучу. Эта конфигурация показана на рис. 10.3 и 10.4. В последних двух конфигурациях перемещать можно только ретро-рефлектор RL1.



**РИС.10.2 НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ВИБРАЦИИ ПО ОСИ X**



**РИС.10.3. НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ВИБРАЦИИ ПО ОСИ Y**

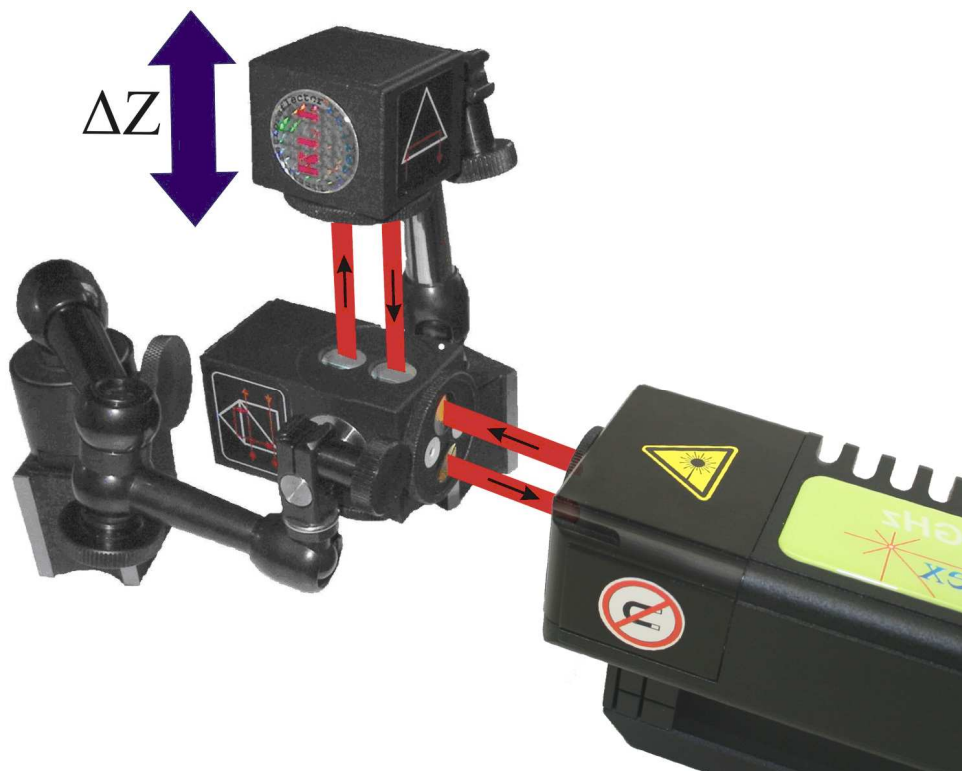


РИС.10.4. НАСТРОЙКА ОПТИЧЕСКОГО ПУТИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ
ВИБРАЦИИ ПО ОСИ Z

Описание программного обеспечения

Вибрации можно измерить при помощи опции **Вибрация** из **Главного меню**. Окно программы LSP Software должно выглядеть как показано на рис. 10.5. Окно состоит из четырёх главных областей:

- Область, показывающая уровень сигнала и процент взятых проб;

- Два графика – верхний показывает измеренное расстояние, скорость или ускорение, а нижний преобразование Фурье (FFT) верхнего графика;
- Опции измерения
- Панель с кнопками

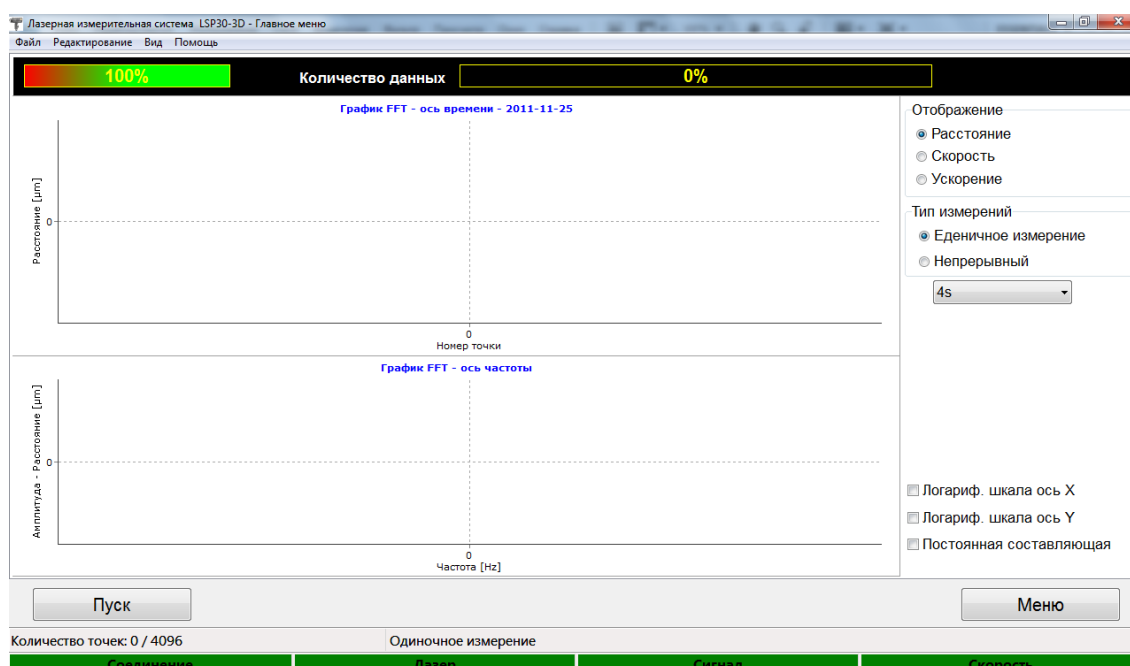


РИС.10.5 ОКНО ИЗМЕРЕНИЙ ВИБРАЦИИ

Перед началом измерений соответствующая опция из верхней правой области должна быть выбрана. Как только процесс измерения начался, нажмите кнопку **Старт**. Для того чтобы закончить процедуру измерения нажмите кнопку **Стоп**. В процессе измерения график будет постоянно обновляться.

После окончания всего процесса измерения, результаты измерений в виде временной диаграммы и графика FFT анализа (рис.10.8). Полученные результаты можно сохранить, распечатать или экспортировать (меню Файл). С помощью переключателей тип входных данных можно изменить, т.е. амплитуда Расстояния, Скорости или Ускорения имеет важное значение. Проверка переключателей в нижней правой части окна позволяет изменить шкалу графика частоты по вертикали в логарифмическую и устранить смещение по постоянному току.

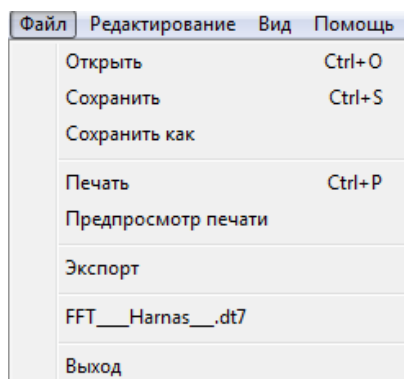


РИС.10.6. МЕНЮ ВИБРАЦИИ *ФАЙЛ*

Перед сохранением в файл программа спросит о изменении данных аппарата (опция доступна в меню *Редактирование->Данные машины*), таких как тип, серийный номер, измеренная ось или оператор машины (см. рис. 10.7). Введение этих значений позволяет

описать проведённые измерения для дальнейшего анализа. Эти значения также будут представлены в отчёте.

Данные машины

Тип машины	Серийный номер	Оси
Оператор	Фирма	
Siawomir Sambor	Lasertex	
Примечания		
Параметры измерений		
Дата измерения	2009-10-23 12:29:03	
Влажность	50%	Температура воздуха 20,00 °C
Давление	1005,8 hPa	Температура материала 27,43 °C

Применить Отмена

РИС.10.7. ОКНО ДАННЫХ АППАРАТА

Измеренные данные можно не только сохранить, но и сгенерировать и распечатать отчёт на их основе, нажав *Печать* или *Предпросмотр* в окне анализа измерений (рис. 10.8). Отчёт можно сгенерировать в базовой форме, где будет представлен только график измеренных значений и посчитанная частотная трансформация (рис. 10.9) или в расширенной форме, с данными измерения.

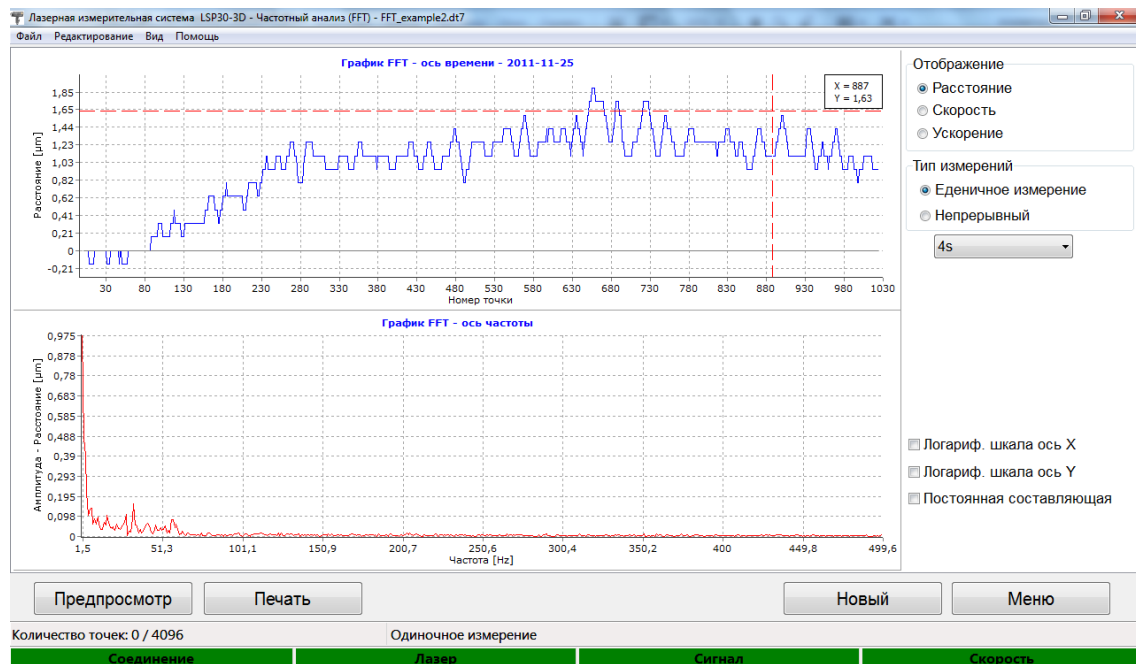


РИС.10.8. ОКНО АНАЛИЗА ИЗМЕРЕННЫХ ДАННЫХ

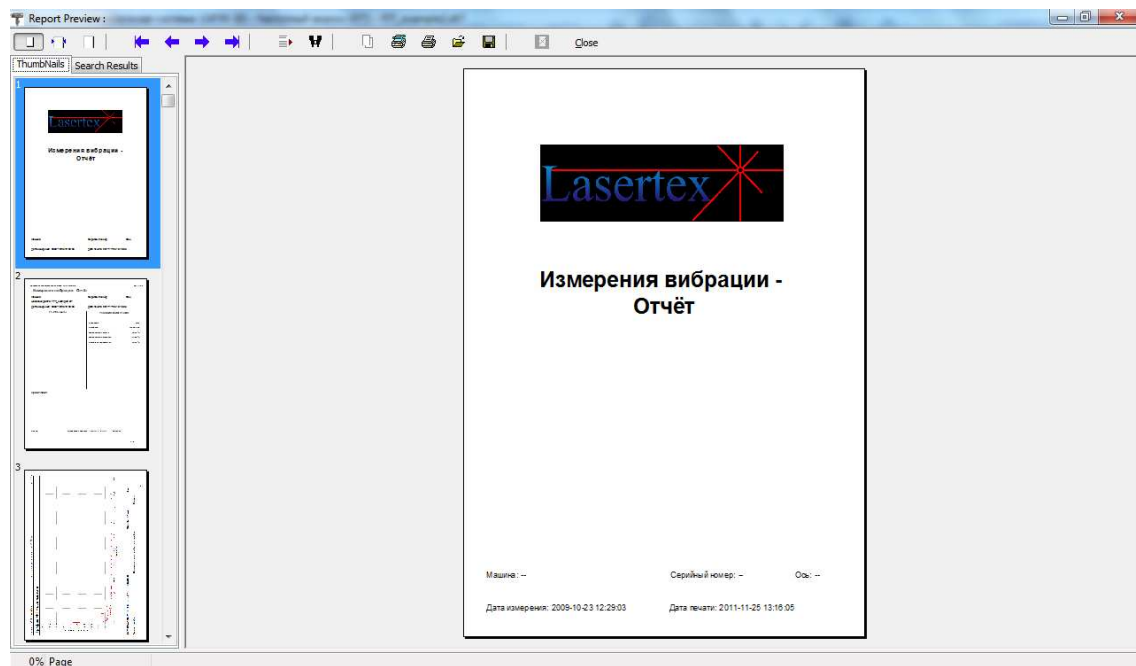


РИС.10.9. ОКНО ПРЕДПРОСМОТРА ОТЧЁТА (СТР. 1)

Программа позволяет сохранить график скорости с возможностью его загрузки в MS Word. Чтобы сохранить график в файл следует кликнуть правой кнопкой мыши в области графика. Из появившегося меню выбрать опцию **Копировать в буфер обмена**.

В окне конфигурации для измерений Вибрации можно выбрать количество проб за один подход и непрерывное измерение. Директорию для сохранения результатов измерения также можно выбрать здесь.

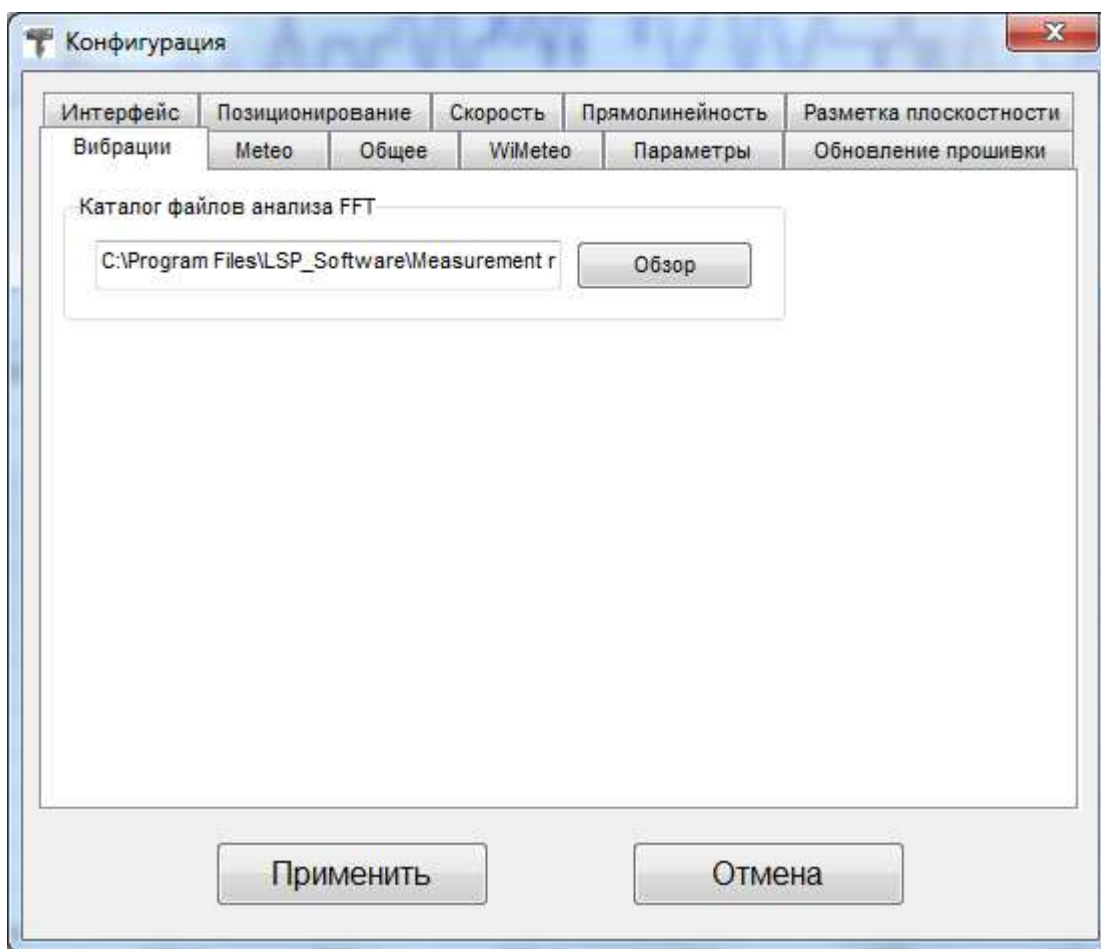


РИС. 10.10. ОПЦИИ КОНФИГУРАЦИИ ВИБРАЦИЙ

Процедура измерения

1. Установите лазер на измеряемый аппарат и настройте оптическую трассу.
2. Запустите в программе LSP Software опцию Вибрация.
3. (дополнительно) Выберите желаемую опцию вибрации.
4. Нажмите кнопку Старт и запустите аппарат.
5. При непрерывном измерении нажмите кнопку Стоп; в однократном режиме дождитесь окончания измерений.
6. Сохраните результаты и/или распечатайте отчет измерений.

Для получения корректных результатов, точка крепления ретро-рефлектора к корпусу измеряемой машины должна быть выбрана с особым вниманием. Если точка выбрана неправильно, тогда вместо того, чтобы искать частоту f , появляются кратные частоты $n*f$ (где $n=1,2,\dots$) на графике FFT. По этой причине нельзя использовать ретро-рефлектор в этих измерениях с магнитным держателем **UM1**. Вместо него надлежит использовать держатель **UM2**. Следует помнить, что система измеряет вибрацию только по оси оптической трассы. Любые

другие вибрации, перпендикулярные к оси, не влияют на измерение (см. рис. 10.11). Пример правильно расположенного ретро-рефлектора показан на рис. 10.12.

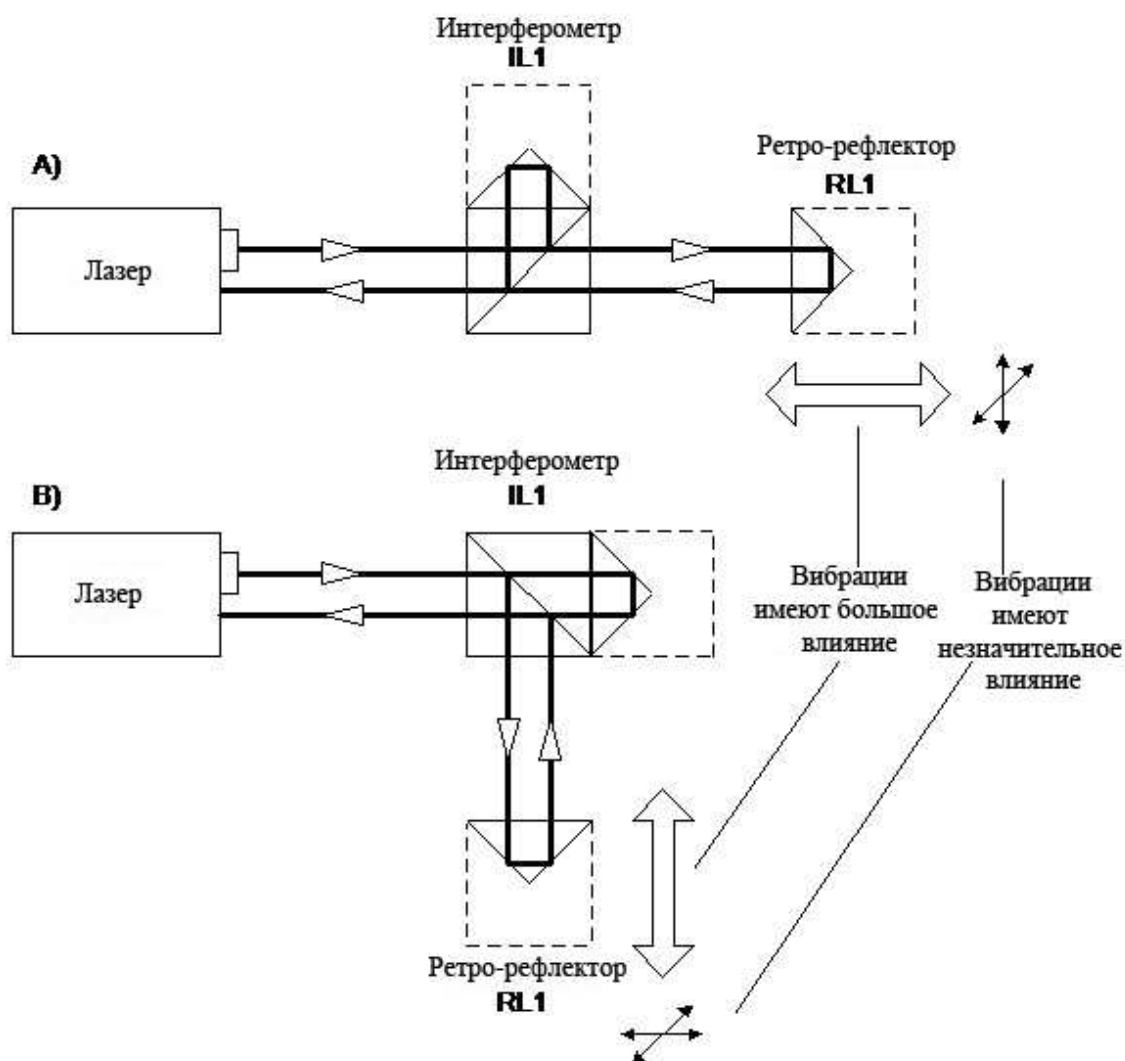


РИС.10.11. ИЗМЕРЕНИЕ ВИБРАЦИИ В РАЗНЫХ ОСЯХ



**РИС.10.12. ПРИМЕР ПРАВИЛЬНО РАСПОЛОЖЕННОГО РЕТРО-
РЕФЛЕКТОРА**

11

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Спецификация системы

Измерение	Диапазон	Разрешение	Точность
Расстояние	0 – 30 м	0,01 мкм (0,001 мкм)	1,5 мкм/м
Скорость	0 – 0,3 м/с (0,1 м/с)*	0.25 мкм/с	0,1 %
Уловая	0 – 3600 arcsec	0,04 arcsec	± 0,2 %
Измерение прямолинейности (с угловой оптикой)	0 – 12 м	0,02 мкм (для основы 100 мм)	± 1 %
Плоскостность	0 – 12 м Вертикальный зазор ±2 мм	0,02 мкм (для основы 100 мм)	± 0,5 %
Измерение прямолинейности (с призмой Волластона)	0 – 3 м	0.5 мкм	± 1 % ± (0.5 ± 0.15 L ²) мкм

Измерение прямолинейности 3D	0-5 м	0,1 мкм	$(5 \pm 5 \times L)$ мкм L в метрах
Перпендикулярность	± 1000 arcsec	0,4arcsec	$\pm 1 \% \pm (1,5 \text{ arcsec})$
Измерения кругообразности	$\pm 5^\circ$	0,04 arcsec	$\pm 0,2 \%$

L = длина оси в метрах

* - для разрешения 1 нм.

Лазерная головка

Тип лазера	Двухчастотный HeNe лазер со стабилизацией частоты
Время разогрева	~ 15 мин
Длина волны (в вакууме)	632,991354 нм
Точность установки длины волны	$\pm 0,02$ ppm
Кратковременная стабильность частоты	$\pm 0,002$ ppm (1 ч)
Выходная мощность	800 мкВт
Диаметр лазерного луча	8 мм
Расстояние между посылаемым и принимаемым лазерными лучами	12,7 мм
Размер лазерной головки	60x60x245 мм
Масса нетто	1500 г
Класс безопасности	Лазерный продукт 2-го класса согласно PN-91/T-06700

Выходы лазерной головки - аналоговые

Тип сигнала	SinA / CosB
Уровень напряжения	1 V (пиковое)
Разрешение сигнала	Определяется пользователем: от 100нм/период до 5мм/период с шагом 100нм/период
Максимальная частота сигнала	5 МГц

Выходы лазерной головки – цифровые, тип 1

Тип сигнала	Квадратурные сигналы А и В
Уровень напряжения	5 В разностный CMOS
Разрешение сигнала	Определяется пользователем: от 100нм/период до 5мм/период с шагом 100нм/период
Максимальная частота сигнала	5 МГц

Выходы лазерной головки – цифровые, тип 2

Тип сигнала	Шаг/ Направление
Уровень напряжения	5 В разностный CMOS
Разрешение сигнала	Определяется пользователем: от 0.1нм/импульс до 5мкм/импульс с шагом 0.1нм/импульс
Длительность импульса	5 нс
Максимальная частота сигнала	100 МГц

Выходы лазерной головки – разъём расширения

Тип разъёма	Разъём Hirose LX40-20P
	CL No. CL245-0017-0

Номер контакта	Функция
1.	Питание 24 В
2. Цифровой Вх/Вых	Зарезервировано для дальнейшего использования
3. Цифровой Вх/Вых	Зарезервировано для дальнейшего использования
4. Цифровой Вх/Вых	Зарезервировано для дальнейшего использования
5. Цифровой Вх/Вых	Зарезервировано для дальнейшего использования
6. Цифровой Вх/Вых	Зарезервировано для дальнейшего использования
7. Цифровой Вх/Вых	Зарезервировано для дальнейшего использования
8. Цифровой Вх/Вых	- Выход (с негацией) разностной пары сигнала В (Цифровой выход квадратурных сигналов А и В) - Выход (с негацией) разностной пары сигнала Шаг (Выход Шаг/Направление)
9. Цифровой Вх/Вых	- Выход (с негацией) разностной пары сигнала А (Цифровой выход квадратурных сигналов А и В) - Выход (с негацией) разностной пары сигнала Направление (Выход Шаг/Направление)
10. Цифровой Вх/Вых	- Выход (без негации) разностной пары сигнала В (Цифровой выход квадратурных сигналов А и В) - Выход (без негации) разностной пары сигнала Шаг (Выход Шаг/Направление)
11. Цифровой Вх/Вых	- Выход (без негации) разностной пары сигнала А (Цифровой выход квадратурных сигналов А и В) - Выход (без негации) разностной пары сигнала Направление (Выход Шаг/Направление)
12.	Питание 5 В

13. Аналоговый выход	Выход (с негацией) разностной пары сигнала COS (Выход SIN/COS)
14. Аналоговый выход	Выход (с негацией) разностной пары сигнала SIN (Выход SIN/COS)
15. Аналоговый выход	Выход (без негации) разностной пары сигнала COS (Выход SIN/COS)
16. Аналоговый выход	Выход (без негации) разностной пары сигнала SIN (Выход SIN/COS)
17.	Заземление
18.	Заземление
19.	Заземление
20.	Заземление

Условия работы системы

Температурный диапазон	10 – 35 °C
Диапазон влажности	10 – 90 % (без образования конденсата)

Параметры питания

Напряжение	~ 200-230 В, 50-60 Гц
Мощность	35 Вт (во время разогрева) 10 Вт (во время работы)

Интерфейс PC

Тип 1	USB 2.0
Скорость передачи данных	57 600 bps (VCOM)

Тип 2	Bluetooth 2.0 + EDR
Соединение	Point-to-Point (pico net)
Частота	От 2.400 до 2.4835 ГГц
Мощность Tx	Макс. 18 dBm (Класс 1)
Чувствительность Rx	-86 dBm
Покрытие	До 50м

Тип 3	WiFi (IEEE 802.11b/g)
Соединение	Infrastructure, AdHoc
Покрытие	До 50м

Компенсация влияния окружающей среды

Компенсация длины волны

Ручная	Вводятся с клавиатуры
Автоматическая	Группа датчиков компенсирующих влияние окружающей среды - (ECU)

Параметры компенсации проводных датчиков - (ECU)

Темп. воздуха	Диапазон 0 – 40 °С, точность 0,1 °С
Давление	Диапазон 940 – 1060 гПа, точность 1 гПа
Влажность	Диапазон 10 – 90 %, точность 10 %
Постоянные времени	Темп. 3с, давление 2с, влажность 20с
Габариты	φ50х55 мм
Масса нетто	100 г

Проводная технология компенсации температуры материала

Ручная	Температура материала вводиться с клавиатуры
Автоматическая	С использованием от 1-го до 3-х температурных датчиков.
Температурный датчик	Pt-1000
Постоянная времени	5 с
Масса нетто	50 г

Параметры компенсации беспроводных датчиков - (ECU)

Температура воздуха	Диапазон 0 – 40 °С, точность 0,1 °С
Давление	Диапазон 940 – 1060 гПа, точность 1 гПа

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Влажность	Диапазон 10 – 90 %, точность 10 %
Постоянные времени	Температура 8с, давление 2с, влажность 20с
Габариты	φ50х55 мм
Масса нетто	150 г

Беспроводная технология компенсации температуры материала

Ручная	Температура материала вводится с клавиатуры
Автоматическая	С использованием от 1-го до 3-х беспроводных температурных датчиков.
Температурный датчик	Pt-1000
Постоянная времени	10 с
Масса нетто	150 г

Наша продукция постоянно развивается и совершенствуется.

Оставляем за собой право на технические изменения без предварительного уведомления.