

Использование лазерного трекера «Leica AT960» в космической промышленности

Г.Ю. Рудковский<sup>1</sup>, А.И. Бухмиллер<sup>1</sup>, Я.В. Букина<sup>1</sup>, Д.Д. Закирова<sup>1</sup>,  
Ф.С. Жижин<sup>1</sup>, А.В. Бурлаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

*Аннотация:* Во многих отраслях промышленности, в частности космической, существует необходимость точного и быстрого контроля геометрических параметров объектов. К сожалению, при работе со сложными по форме и конфигурации конструкциями, это бывает далеко не просто. Когда работа касается космической промышленности, где сложные сборки – явление обязательное, контроль геометрии выходит на передний план.

*Ключевые слова:* лазерный трекер, промышленность, геометрия, дальномер, интерферометр.

С середины прошлого века контроль геометрии значительной части деталей и сборок проводят с помощью различных шаблонов. Технология подобного контроля отработана, проста, но имеет ряд принципиальных недостатков, т.к. на каждую группу контролируемых элементов требуется изготавливать свой шаблон. Эта технология часто не показывает величину отклонения от требований, заложенных в конструкторской документации. При внесении существенного изменения в конструкцию изделия шаблон приходится заменять. Сложность оснастки и самой процедуры измерений геометрии с применением шаблонов можно видеть на примерах, описанных в работах [4, 5].

Основными задачами измерения в процессе сборки является контроль геометрии элементов и их взаимного расположения. Для этих и многих других задач, начиная с конца восьмидесятых годов, используются лазерные трекеры. Которые на ранних этапах производства серийно не производились, имели необходимость в высококвалифицированном обслуживающем персонале, и их применение ограничивалось рамками одного предприятия, возможности которого позволяли изготовить и аттестовать подобные устройства [2].

Современные автоматизированные ЛСИГП лишены недостатков, свойственных вышеупомянутым разработкам. Они производятся серийно, аттестуются, измерительная информация считывается фотоприёмными устройствами и оцифровывается. В связи с этим они находят всё более широкое применение во многих отраслях промышленности, особенно в машиностроении. Интерес к этим системам вызван их высокой точностью и производительностью в сочетании с бесконтактным способом производства самих измерений и цифровой формой представления результатов. Ещё одно преимущество ЛСИГП обусловлено их компактностью, т.е. их легко приблизить к измеряемому объекту, разместить в сборочном цехе в отличие от,

например, координатноизмерительных машин, действие которых предполагает размещение измеряемого объекта на их столе. [3]

С развитием новых информационных CAD/CAM-технологий возрастает актуальность внедрения компьютеризированных систем измерения геометрии в технологических процессах сборки и испытаний. Внедрение ЛСИГП позволит в ряде производственных процессов замкнуть контур обратной связи, т.е. перейти от CAD/CAM-технологий к CAD/CAM/ CAMeas-технологиям (measurement – измерение) [1].

Принцип работы лазерного трекера

Принцип работы лазерного трекера прост для понимания: он измеряет два угла и расстояние (рис. 1). Трекер посылает лазерный луч к световозвращающему отражателю, который приводится в соприкосновение с интересующим нас объектом. Луч, отраженный от цели, возвращается по тому же пути и принимается трекером в той самой точке, откуда он был испущен. Расстояние до цели определяется с помощью технологии абсолютного интерферометра (AIFM). AIFM совмещает в себе интерферометр (IFM) для измерений относительных расстояний с высокой скоростью в динамике и абсолютный дальномер (ADM) для определения абсолютных расстояний. Две системы работают одновременно, что позволяет трекеру зафиксировать луч на движущемся отражателе и отслеживать его перемещения с высокой точностью и высокой частотой замеров, до 1000 Гц (1000 измерений в секунду)

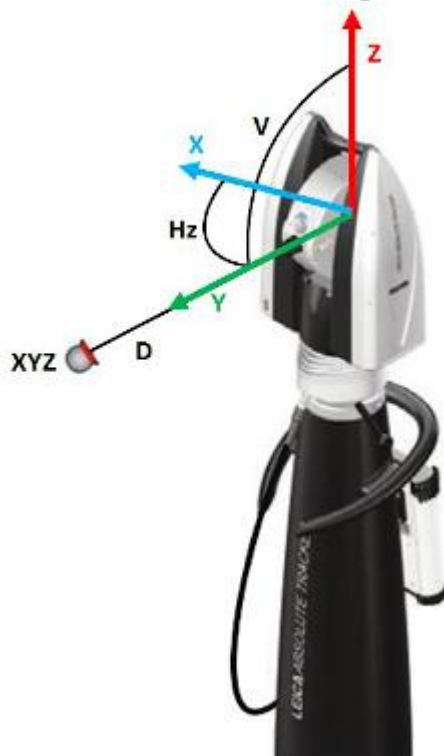


Рисунок 1 – . Принцип определения координат с помощью лазерного трекера

H<sub>z</sub> – Горизонтальный угол,  
V – Вертикальный угол,  
D – Расстояние

Интерферометр позволяет определять относительные расстояния (т.е. расстояние между двумя точками) с субмикронной точностью. Лазерный луч направляется трекером на отражатель и возвращается, при этом оба луча (прямой и обратный) оцениваются трекером одновременно. Во время движения отражателя возвращаемый луч тоже движется и волны обоих лучей начинают пересекать друг друга, образуя волну суперпозиции (рис. 2).

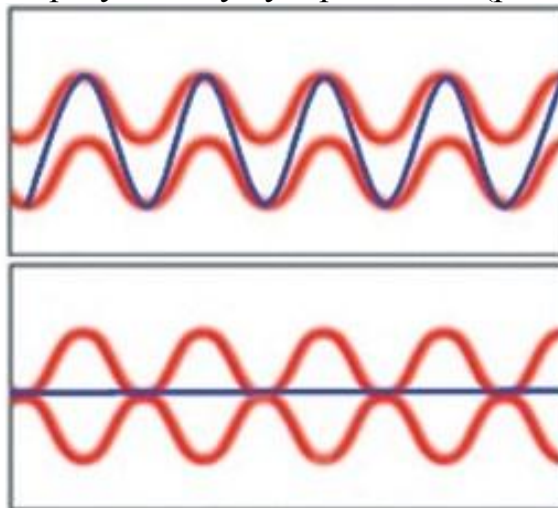


Рисунок 2 – Принцип работы интерферометра

Каждое смещение луча равно наложению волн в суперпозицию равно изменению расстояния в  $\frac{1}{2}$  длины волны лазера. Отсюда и исходит термин интерферометра «считающий»: если известно направление движения и количество раз возникновения пиков суперпозиций, то оно умножается на  $\frac{1}{2}$  длины волны лазерного луча и в результате получается точное приращение расстояния. Частота обновления приращения зависит только от скорости перемещения отражателя. Все это делает интерферометр идеальным инструментом для выполнения измерений в динамике. Потому что совершенно не важно, с какой скоростью движется отражатель, любые его перемещения фиксируются системой на субмикронном уровне.

Важно понимать, что интерферометр может определять с субмикронной точностью только относительные расстояния.

Для определения абсолютного расстояния с высокой точностью, в приборе используется абсолютный дальномер. Абсолютному дальномеру свойственно такое понятие, как время интеграции. Это время необходимое на выполнение операций по вычислению позиции отражателя. Модуль ADM использует модулированный и поляризованный инфракрасный лазерный луч. Необходимо знать три основных параметра для определения расстояния:

- Длина волны источника света
- Скорость света
- Частота модуляции поляризованного света

Частота модуляции ключевой параметр ADM. Отраженная волна анализируется некоторый период времени для определения точки минимума. Это качественное измерение волны является скачкообразным типом измерения,

которое «скачет» вперед и назад по точке минимума волны, чтобы рассчитать измеренное среднее значение (рис. 3).

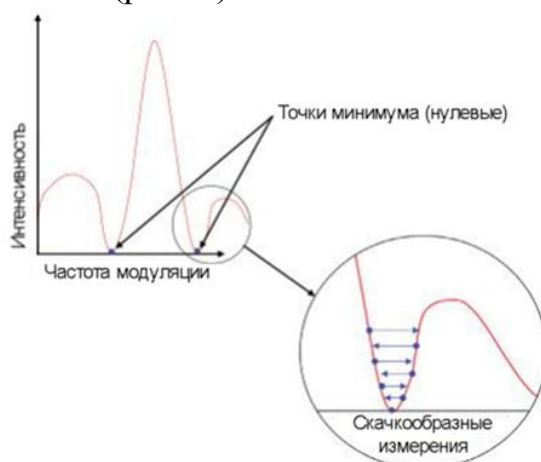


Рисунок 3 – Определение среднего значения минимума волны

Отражатель должен оставаться неподвижным во время этих скачкообразных измерений. Если отражатель движется в этот момент, то форма волны меняется, и точка минимума смещается. Следовательно, абсолютный дальномер не может использоваться для определения подвижных целей.

Абсолютный интерферометр (AIFM) это модуль, который объединяет в себе интерферометр (IFM), для динамических измерений и абсолютный дальномер (ADM), для измерений абсолютных расстояний. Обе системы производят измерения на отражатель одновременно, что позволяет динамически отслеживать движущуюся цель с высочайшей точностью. Как только трекер захватывает отражатель, интерферометр (IFM) начинает производить замеры относительного смещения. Даже если отражатель перемещается с максимальной скоростью и ускорением, интерферометр позволяет определять это смещение с субмикронной точностью и передавать эти данные в модуль дальномера (ADM). Дальномер анализирует волну, как описано выше, и использует информацию от интерферометра (IFM), для расчета всего смещения. Как только вычисляется точка минимума, абсолютное расстояние передается назад интерферометру (IFM). Этот процесс превращает интерферометр из относительного инструмента в интерферометр с известным базовым расстоянием, более известный, как абсолютный интерферометр – AIFM

#### Библиографический список

1. Вагнер, Е.Т. Лазерные и оптические методы контроля в самолетостроении / Е.Т. Вагнер, А.А. Митрофанов, В.Н. Барков. // – М.: Машиностроение, 1977. – 176 с.
2. Вагнер, Е.Т. Лазеры в самолетостроении / Е.Т. Вагнер. - М.: Машиностроение, 1982. - 184 с.
3. Григорьев, С.Н. Проблемы измерения в технологических процессах формообразования [Текст] / С.Н. Григорьев, В.И. Телешевский. // Измерительная техника. – 2011. - №7. – С. 3 – 7.

4. Каракулев, Ю.А. Измерение отклонения от соосности деталей в регулировочных клапанах турбин / Ю.А. Каракулев. // Изв. вузов. Приборостроение. - 2007. - № 4. – С. 27 – 30.

5. Полетаев, В.А. Технологическая оснастка для контроля проточной части лопаток газотурбинных двигателей / В.А. Полетаев. // Контроль. Диагностика. – 2008. - № 12. – С. 19 – 21.