

# ЛАЗЕРНАЯ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА FARO LASER TRACKER

К.Н. Ткачев (НПК «Йена Инструмент»)

В 2001 г. окончил факультет информатики и радиоэлектроники Московского государственного открытого университета по специальности «информационно-измерительная техника и технологии». После окончания университета работал в Научно-исследовательском машиностроительном институте, с 2004 г. — в лаборатории контроля качества при строительстве магистральных газопроводов в ДООАО СУ-2 ОАО СМТ. С 2005 г. по настоящее время — ведущий инженер НПК «Йена Инструмент».

Компания FARO была основана в 1981 г. Изначально FARO являлась научно-производственной компанией, занимавшейся разработкой высокоточного диагностического и хирургического медицинского оборудования. В начале 1990-х гг. компания FARO начала активно разрабатывать координатно-измерительные машины (КИМ) и программное обеспечение для использования при выполнении измерений, а также контроля и диагностики линейно-угловых параметров объектов. Компания FARO создала ряд новых разработок в данной области и владеет более чем 75 патентами. Центральный офис компании FARO находится в США. FARO имеет разветвленную дистрибьюторскую сеть по всему миру. В России официальным представителем FARO является компания «Йена Инструмент».

Оборудование FARO используют крупнейшие производственные компании, такие как Boeing, General Motors, Johnson Controls, DaimlerChrysler, Ford, British Aerospace, Caterpillar, Honda и многие другие.

Компания FARO предлагает широкий спектр высокоточных координатно-измерительных систем, включающий несколько серий измерительного оборудования — FARO Laser Tracker (рис. 1), FARO Gage, FARO Arm, FARO Laser Scan Arm. Данное оборудование обладает различными классами точности, что позволяет подобрать необходимую координатно-измерительную систему под конкретные задачи заказчика.

Рассмотрим более подробно высокоточную лазерную координатно-измерительную систему FARO Laser Tracker, которая позволяет выполнять измерения линейно-угловых параметров крупногабаритных объектов на расстоянии до 35 м от лазерной головки.

С помощью FARO Laser Tracker можно проводить высокоточные измерения объектов непосредственно во время проведения какой-либо технологической операции, причем, не снимая контролируемый объект со станка или конвейера. Это весьма удобно, если объект обладает большими габаритами и массой. Благодаря компактности и не-

большому весу FARO Laser Tracker может использоваться в труднодоступных местах с ограниченным рабочим пространством (например, где нельзя применить КИМ типа «рука» из-за ее конструктивных особенностей).

FARO Laser Tracker применяется в различных отраслях производства, таких как судостроение, авиастроение, тяжелое машиностроение и др. Например, при помощи данной системы можно определить точность центрирования составных частей корпуса самолета относительно друг друга.

FARO Laser Tracker состоит из следующих основных частей:

- измерительного блока, предназначенного для измерений;
  - контроллера, осуществляющего обработку информации и связывающего измерительный блок с компьютером (к контроллеру также можно подключать внешние температурные датчики);
  - компьютера с программным обеспечением CAM2 Measure, которое осуществляет управление измерительным блоком и выполняет анализ полученных данных.
- При разработке FARO Laser Tracker было запатентовано несколько изобретений, таких как:
- XtremeADM (Absolute Distance Measurement) — техно-



Рис. 1  
FARO Laser Tracker

логия, позволяющая быстро находить лазерный луч, потерянный отражателем, без прерывания работы, что существенно облегчает и ускоряет процесс измерения;

— Smart Warm-Up — технология, сокращающая вдвое время настройки механизмов системы к условиям окружающей среды по сравнению с предыдущими моделями. Данное приспособление запускается автоматически при подключении системы к электросети;

— Active Thermal Compensation — технология, позволяющая уменьшить влияние перепадов температуры окружающей среды на точность измерений.



**Рис. 2**  
Сферический отражатель

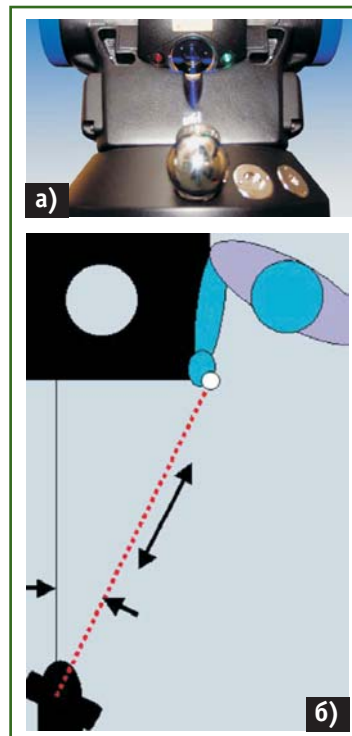
Измерения, проводимые с помощью FARO Laser Tracker, основаны на отражении лазерного луча от специальных зеркальных призматических отражателей, заключенных в стальную сферу, которые называются сферическими отражателями (рис. 2). Особенностью изготовления сферических отражателей является точное совпадение вершины зеркального конуса с центром сферы. Сферические отражатели бывают следующих размеров: 3,8; 2,2 и 1,3 см. Выбор сферического отражателя не влияет на точность измерений и осуществляется, исходя из специфики работы. Широкий перечень всевозможных насадок на

сферические отражатели позволяет проводить измерения в труднодоступных местах.

Принцип действия FARO Laser Tracker состоит в следующем: поворотная головка измерительного блока отслеживает положение сферического отражателя при помощи лазерного луча. Первоначально сферический отражатель помещается в специальную точку на корпусе измерительного блока (гнездо) (рис. 3а), координаты которой известны, а оттуда отражатель перемещается в контролируемые точки. Трехмерные координаты заданных точек вычисляются путем измерения углов поворота головки измерительного блока по горизонтали и вертикали и расстояния до сферического отражателя при помощи лазерного дальномера (рис. 3б).

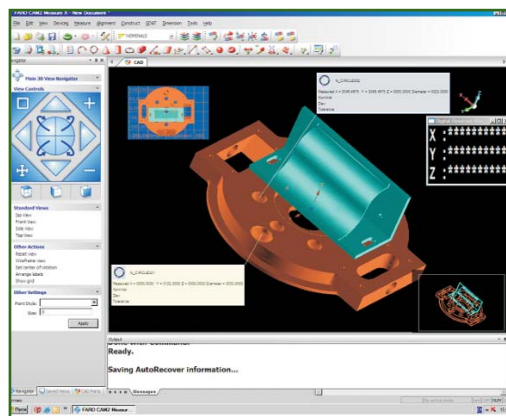
FARO Laser Tracker может работать в двух режимах измерения: Interferometer и Super ADM. Разница между этими режимами заключается в том, что при прерывании или потере луча в режиме Super ADM не нужно возвращать сферический отражатель в гнездо, а можно продолжить измерения, «поймав» луч там, где он был потерян. Однако следует отметить, что при использовании режима Super ADM происходит потеря точности. Линейная точность в режиме Interferometer составляет  $2 + 0,4$  мкм/м, а в режиме Super ADM —  $10 + 0,4$  мкм/м.

На каждое изделие в производстве существует конструкторская документация, представленная в виде обычного чертежа (на бумаге) или компьютерной САПР-модели. САПР-модель, независимо от того в какой конструкторской программе она была создана, может быть экспортирована в программное обеспечение CAM2 Measure, которое осуществляет управление системой и выполняет обработку и анализ данных, полученных при проведении измерений.



**Рис. 3**  
Принцип определения трехмерных координат FARO Laser Tracker

Программа CAM2 Measure (рис. 4) создана компанией FARO специально для работы с координатно-измерительными системами. В экспортированной САПР-модели выбираются определенные точки с заданными параметрами, затем при помощи системы измеряются действительные значения этих параметров и определяется их соответствие конструкторской документации, а также автоматически



**Рис. 4**  
Диалоговое окно программы CAM2 Measure

## Технические характеристики FARO Laser Tracker

Наименование характеристики	Laser Tracker XI	Laser Tracker X
Рабочая зона (диаметр сферы), м	0–70	
Рабочая зона по горизонтали/вертикали, °	270 / от +75 до –50	
Повторяемость измеренных пространственных координат (3D) в рабочей зоне на расстоянии 2/10/35 м, мм	0,027/0,051/0,129	0,033/0,057/0,136
Угловая повторяемость, мкм	2 + 2мкм/м	
Максимальная угловая скорость, °/с	180	
<b>Линейные характеристики в режиме Interferometr</b>		
Максимальная скорость измерения, точек/с	До 10 000	—
Повторяемость (при скорости сканирования 10 000 точек/с), мкм	1 + 1 мкм/м	—
Максимальная радиальная скорость, м/с	4	—
<b>Линейные характеристики в режиме XtremeADM</b>		
Максимальная скорость измерения, точек/с	До 10 000	
Повторяемость, мкм	7 + 1 мкм/м	
Максимальная радиальная скорость	Не ограничена	
<b>Общие характеристики</b>		
Рабочий диапазон температур, °С	От –15 до +50	
Влажность, %	0–95 (без конденсата)	
Габаритные размеры, мм	280x535	
Вес измерительной головки, кг	18–20	
Габаритные размеры контроллера, мм	160x180x280	
Вес контроллера MCU, кг	5	

высчитывается отклонение измеренных значений параметров от заданных.

CAM2 Measure — универсальное программное обеспечение, предназначенное для работы с координатно-измерительными системами FARO Arm, FARO Laser Tracker и FARO Scan Arm.

CAM2 Measure позволяет измерять простые элементы (плоскости, окружности, линии, слоты и т. д.), определять положение измеряемого элемента относительно других объектов изделия, автоматически вычислять отклонение измеренных значений от номинальных, инспектировать сложные криволинейные поверхности методом сравнения их с САПР-моделями, рассчитывать отклонения от плоскостности, цилиндричности, соосности и т. д. Функция сканирования дает возможность получать точки, линии, сплайны, полилинии и др., по которым в дальнейшем строится САПР-модель. В CAM2 Measure при помо-

щи модуля SPC Graph можно создавать разнообразные графические и текстовые отчеты, в которых будут отображены аспекты проведенных измерений, а также программировать последовательность измерительных операций для измерения параметров конкретных объектов, используя модуль Softcheck Tool. Вышеперечисленные возможности CAM2 Measure способны решить широкий спектр метрологических задач, связанных с линейно-угловыми измерениями. Программа может работать в операционных системах Windows 2000 и XP.

Основные технические характеристики FARO Laser Tracker приведены в таблице.

Таким образом, особенности FARO Laser Tracker следующие:

- высокая точность и дальность измерений;
- возможность использования на производственных участках с ограниченным рабочим пространством;

- возможность использования дистанционного пульта управления для удобства работы;
- автоматическая температурная компенсация;
- широкий спектр вспомогательного оборудования.

**НПК «Йена Инструмент»**

109388, Москва,  
ул. Полбина, 3, стр. 1  
Тел: (495) 354-02-04  
Факс: (495) 354-02-03  
E-mail: sales@jena.ru  
Интернет: www.jena.ru

**RESUME**

The article presents the FARO Laser Tracker coordinate measuring system. The equipment operation principle, its performance and possible application fields are also given.