



Применение фотограмметрических измерительных систем V-STARS в промышленности

Татьяна Малючек, Ирина Федорова

Развитие современного производства, безусловно, связано со стремительным ростом требований к качеству выпускаемой продукции, а следовательно, к точности соответствующего оборудования и удобствам его использования. Не последнюю роль играет и затраченное время на проведение сбора и анализа данных, а также автоматизация производственных процессов. В данной статье мы рассмотрим актуальный на сегодняшний день вопрос применения высокоточных мобильных координатно-измерительных систем в отечественной промышленности. Среди высокоточных координатно-измерительных систем для крупногабаритных объектов, таких как лазерные трекеры, тахеометры и теодолиты, в настоящее время все чаще начинают встречаться фотограмметрические системы.

Метод фотограмметрии

Принцип измерения объектов с помощью метода фотограмметрии похож на принцип «работы» зрения человека. Человек видит объемные объекты и может оценивать их размеры и расстояния до них благодаря бинокулярному зрению. Изображение, видимое правым и левым глазом, преобразуется нами в объемную картинку. Также работает и фотограмметрическая система — она преобразует изображения одного и того же объекта, снятые с нескольких позиций, в трехмерный объект, а точнее — в облако точек. Человек, чтобы точно определить размеры объекта, сравнивает его с каким-то эталоном, например своей рукой или линейкой. В фотограмметрии также применяются откалиброванные масштабные линейки, позволяющие с высокой точностью определить размеры объекта.

Для многих задач, которые невозможно решить традиционными контактными методами, метод фотограмметрии подходит как нельзя лучше. Если, например, сравнить фотограмметрическую систему с лазерным трекером, то в первую очередь отпадает необходимость в поддержке стабильности как окружающей среды, так и расположения самой системы относительно объекта. Фотограмметрическая система не боится вибраций, перемещений, солнца, ветра, перепадов температур. При этом ни один из перечисленных факторов не влияет

на точность измерений. Процесс измерений с помощью фотограмметрической системы полностью бесконтактный, что позволяет проводить измерения на изделии, подверженном деформации, и в режиме реального времени отслеживать его изменения.

Применение фотограмметрического оборудования

Рассмотрим вопросы применения фотограмметрического оборудования на примере системы V-STARS от компании Geodetic Systems (GSI) и на примере измерения и анализа фланцев труб в реальных производственных условиях. Применение лазерных трекеров или измерительных манипуляторов типа «рука» в данном случае практически невозможно из-за наличия труднодоступных мест и ограниченного пространства для размещения оборудования. У системы V-STARS, наоборот, нет «слепых» или недоступных зон благодаря полной автономности, компактности и набору дополнительных аксессуаров, которые позволяют решать широкий спектр задач.

В данном примере нашей задачей является определение центров фланцев труб, проверка соосности и контроль геометрических параметров. Перед проведением измерительных работ с помощью системы V-STARS на объекте необходимо:

Татьяна Малючек
Старший инженер ООО «ТЕСИС».
Ирина Федорова
Старший инженер ООО «ТЕСИС».

1. Разместить закодированные мишени (рис. 1), которые служат для шивки изображений и ориентации камеры в пространстве.
2. На объект необходимо нанести маркеры со светоотражающим покрытием (рис. 2) в тех местах, где требуется измерить координаты точек. Поскольку в фотограмметрии используется принцип триангуляции, маркеры должны быть видны как минимум с двух различных позиций съемки.

Для масштабирования измерений используются специализированные калиброванные масштабные линейки, чаще всего изготовленные из того же материала, что и измеряемый объект, чтобы в процессе измерений исключить влияние на результат теплового расширения/сжатия материала.

Объектом нашего контроля являются две области труб с труднодоступными местами (рис. 3 и 4). После подготовки объекта — нанесения закодированных мишеней и маркеров, определяющих контрольные точки, — производим серию снимков с разных сторон. В фотограмметрии очень важно соблюдать угол перекрытия области измерений, то есть камера по отношению к измеряемому объекту должна находиться под углом примерно 90° (рекомендуемое положение). Угол перекрытия

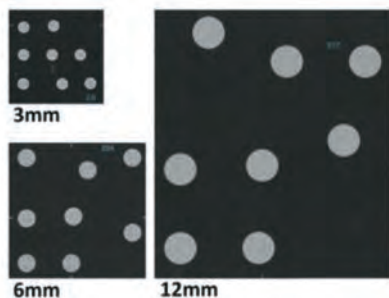


Рис. 1. Закодированные мишени



Рис. 2. Примеры маркеров со светоотражающим покрытием

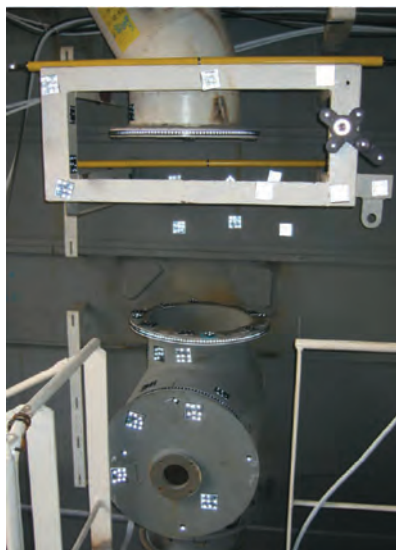


Рис. 3. Область 1



Рис. 4. Область 2

между двумя позициями камер должен быть в диапазоне 60-120°.

В ходе измерений была сделана серия снимков (в общей сложности более 100 штук). Полученные снимки высокой контрастности загружаются в специализированный программный пакет для обработки: реконструкции 3D-сцены и определения координат точек X, Y, Z, на которые были нанесены светоотражающие маркеры (рис. 5).



Рис. 5. Стандартный снимок, полученный с помощью V-STARs



Рис. 6. Облако точек, полученное с помощью V-STARs (область 1)

Таблица 1. Первичный анализ

Параметры	Показатели	
	Область 1	Область 2
Количество фотографий	70	42
Количество точек	377	156
Точность СКО, мм		
X	0,016	0,016
Y	0,017	0,017
Z	0,010	0,010
Масштабирование, мм.	0,010	0,010

Таблица 2. Общие сведения о затраченном времени

	Область 1	Область 2
Первоначальный анализ объекта, мин	1	1
Нанесение маркеров, мин	10	5
Фотографирование, мин	2	2
Обработка полученных данных, мин	2	5
Анализ, мин	5	5
Общее затраченное время, мин	20	15

В ходе первичного анализа мы получаем данные по количеству сделанных снимков и точек. Программа рассчитывает координаты точек, среднееквадратическое отклонение по X, Y, Z и погрешность масштабирования (табл. 1).

Результатом обработки серии снимков является облако точек (рис. 6).

Для удобства расчетов система координат перенесена в центры цилиндров.

На основе полученного облака точек были построены геометрические элементы. В ходе проведенного анализа получена информация по радиусам фланцев труб, отклонения центров от номинальных данных, радиусы, а также углы осей цилиндров (рис. 7).

Общие сведения о затраченном времени

Как видно из табл. 2, измерения были проведены за короткое время и являются достаточно точными.

Фотограмметрическая система V-STARs

Основным элементом системы V-STARs является специальная цифровая камера, сконструированная для метрологических измерений. Легкая, эргономичная, с высококачественным калиброванным широкоугольным объективом камера, заключенная в прочный корпус, создана для применения в производственных

TeСИС

МОБИЛЬНЫЕ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ
для целей инспекции и обратного инжиниринга

FARO – руки-манипуляторы, трекары, лазерные сканеры

V-STARs – фотограмметрия

Geomagic – программное обеспечение

Spatial Analyzer – программное обеспечение

www.thesis.com.ru www.faro.ru
Тел/Факс: (495) 612 - 4422, 612 - 4262
E-mail: info@tesis.com.ru

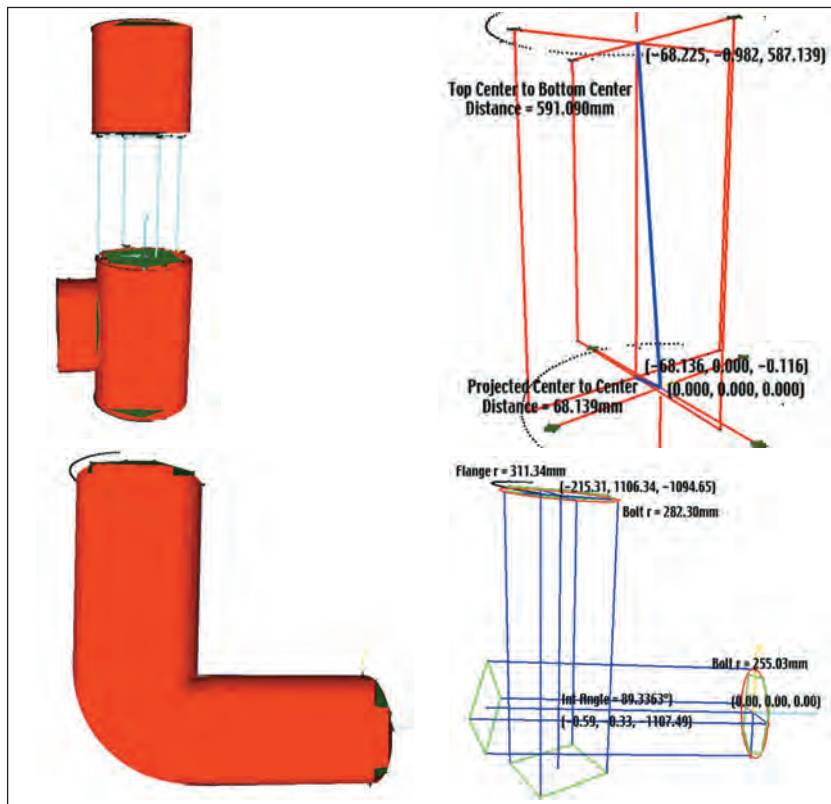


Рис. 7. Анализ геометрии

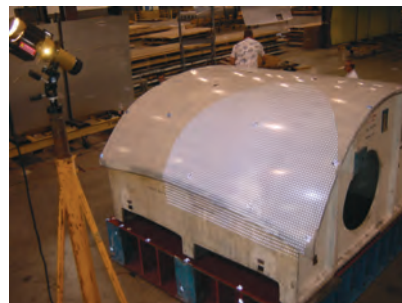


Рис. 8. Работа с помощью проектора Pro-SPOT



Рис. 9. Проектор Pro-SPOT и камеры V-STARS/Dynamo

Таблица 3. Почему V-STARS

Высокая точность	<p>V-STARS/N Для системы на базе камеры V-STARS/N-Platinum точность измерений рассчитывается по формуле (5 мкм+5 мкм/м). С системами N-Gold и N-Silver точность измерений рассчитывается по формуле (7 мкм+7 мкм/м) и (10 мкм+10 мкм/м) соответственно</p> <p>V-STARS/D12 Для системы на базе одной камеры V-STARS/Dynamo-12 точность измерений рассчитывается по формуле (5мкм+5мкм/м) Две камеры V-STARS/Dynamo-12 позволяют измерять в режиме реального времени с точностью (10мкм+10мкм/м)</p>
Бесконтактные измерения	Процесс измерений с помощью V-STARS полностью бесконтактный, что позволяет проводить измерения на изделиях, подверженных деформациям, в агрессивных и нестабильных средах (вакуумные и климатические камеры, атомные станции и т.п.)
Быстрое получение результатов	Одна камера V-STARS позволяет получить результаты в течение нескольких минут после завершения процесса фотографирования. С помощью нескольких камер V-STARS/ Dynamo результаты доступны мгновенно в режиме реального времени
Гибкость	Система V-STARS может использоваться в широком спектре приложений (контроль деталей, корректировка, измерение деформаций, определение размеров, обратный инжиниринг)
Портативность	V-STARS очень компактна, что делает систему удобной для транспортировки. Компьютер и камеру можно легко уместить в ручную кладь. Система настолько универсальна, что позволяет работать даже в замкнутых пространствах и в условиях ограниченной видимости
Устойчивость к вибрациям	V-STARS может работать в нестабильных условиях. Измерения можно выполнять на вибрирующих полах, кранах и лестницах. Кроме того, сам объект может двигаться во время измерений, не оказывая влияния на результаты
Термобарокамера	С термобарокамерой I-CAN можно работать при пониженной/повышенной температуре, а также в условиях вакуума. С помощью I-CAN можно обеспечить такую же точность, как и с помощью V-STARS, работающей в нормальных условиях
Проекция точек на объект	Проектор Pro-SPOT позволяет проецировать тысячи световых точек на поверхность измеряемого объекта, тем самым резко уменьшая трудозатраты при работе со сложными поверхностями



Рис. 10. Система I-CAN

условиях. Одним из преимуществ фотограмметрии является быстрое получение данных, что также позволяет минимизировать рабочее время, необходимое для анализа и получения полной картины в соответствии с поставленной задачей. Благодаря возможности использования при измерениях сразу нескольких камер, можно в режиме онлайн отслеживать деформацию изделия или сравнить результаты с CAD-моделью и номинальными данными.

Для ускорения и упрощения процесса получения большого массива данных можно ис-



Рис. 11. Контроль геометрии летательных аппаратов



Рис. 16. Измерение и сопоставление с моделью



Рис. 12. Измерение при краш-тесте

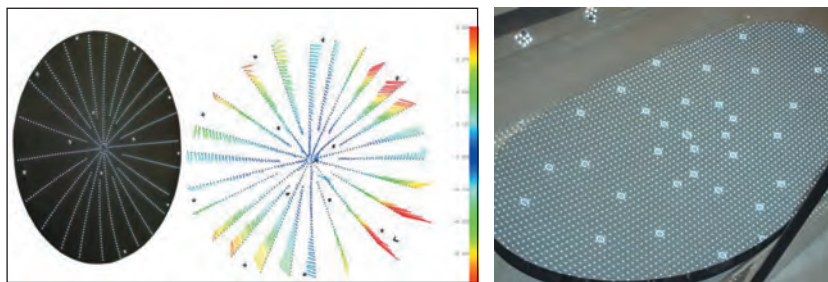


Рис. 17. Применение в космической промышленности



Рис. 13. Измерение кузовной части



Рис. 18. Измерение на движущемся конвейере
пользовать комплексный подход: несколько камер V-STARs и проектор Pro-SPOT (рис. 8 и 9), проецирующий на объект через специальные слайды до 23 тыс. светящихся точек, программное обеспечение для обработки результатов замеров, а также большое количество различных маркеров, отражателей, щупов и аксессуаров, помогающих решить практически любую задачу. В настоящее время компания Geodetic Systems, Inc. (США) выпускает два типа фотограмметрических систем: высокоскоростную систему на базе камер V-STARs/Dynamo и бюджетную серию V-STARs/N на базе зеркального фотоаппарата Nikon D700.

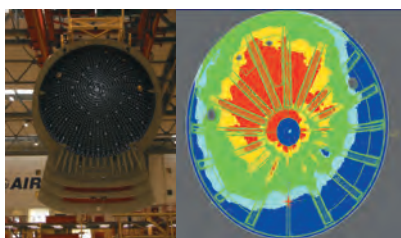


Рис. 14. Измерение деформации



Рис. 15. Быстрый контроль станда

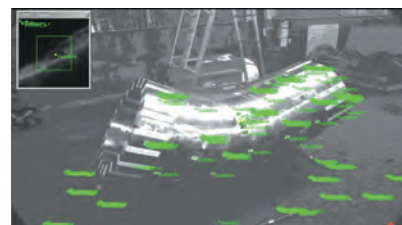


Рис. 19. Измерение патрубка

данных, оснащенная встроенными системами поддержания оптимальных температур и импульсной системой вращения камеры вокруг ее оптической оси. ICAN обеспечивает абсолютную безопасность проведения работ, так как съемка выполняется дистанционным методом там, где пребывание человека опасно для его здоровья (табл. 3).

Основные области применения фотограмметрической системы V-STARs

Контроль и обратный инжиниринг как простых деталей, так и сложных криволинейных поверхностей объектов различных размеров (рис. 11).

Контроль изготовления и периодическая инспекция шаблонов, кондукторов и калибров (рис. 12 и 13).

Мониторинг деформаций и перемещений объектов и систем, вызванных изменением температуры или нагрузки (рис. 14).

Сборка элементов различных конструкций (рис. 15).

Контроль партий деталей и проверка повторяемости размеров при сборке, а также симметрии готовых машин (рис. 16 и 17).

Монтаж и контроль сборочных линий и конвейеров (рис. 18).

Измерение трубопроводов (рис. 19). ◀