

УДК 629.78

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ОКОНЧАТЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ СБОРКИ

© 2019 О.С. Ефремкин, С.Н. Шапошников

АО «Ракетно – космический центр «Прогресс», г. Самара

Статья поступила в редакцию 25.05.2019

В статье приводятся материалы создания усовершенствованной методики позиционирования крупногабаритных сборок на финальных этапах работы с космическим аппаратом (КА). Проведены измерения поверхностей крупногабаритной сборки и зоны под ее установку лазерной координатно-измерительной системой. Показаны преимущества использования при сборке координатно-измерительной системы на базе лазерного радара перед шаблонами. Представлены результаты произведенных измерений.

Ключевые слова: космический аппарат, лазерный радар, облако точек, шаблон, контроль геометрии, трехмерная модель.

Одним из важнейших критериев качества при производстве аэрокосмической техники является соответствие геометрических параметров изделий требованиям конструкторской документации, а так же, выявление возможных технологических недочетов на всех стадиях производства. В изделиях космической техники сложных сборок – большинство, поэтому проблема контроля их геометрии стоит особенно остро. Основными измерительными задачами, которые встают в процессе сборки космических аппаратов, можно считать контроль геометрии отдельных элементов, а так же проверку взаимного расположения элементов изделия. Основную роль при выполнении данной задачи играет измерительная система для определения геометрических параметров, так как от выбора такой системы зависит достоверность полученных данных, скорость и, в наибольшей степени, точность измерения [1].

Размеры крупногабаритных деталей и сборок обычно контролируют с помощью шаблонов, что занимает значительную часть в измерениях космической отрасли. Эта технология контроля отработана и не требует высокой квалификации рабочих, однако она имеет ряд существенных недостатков, так как на каждую группу элементов требуется индивидуальный заготовленный шаблон [2]. Также данная технология не позволяет в полной мере оценить величину отклонения от требований, определенных в конструкторской документации. При каких-либо изменениях в конструкции изделия необходимо переделывать шаблон, что на окончательных этапах сборки приводит к срыву сроков производства. Поэтому,

Ефремкин Олег Сергеевич, начальник группы.

E-mail: olegef1@rambler.ru

Шапошников Сергей Николаевич, ведущий инженер-конструктор. E-mail: serg9ff@mail.ru

в процессе разработки и производства КА выявляется потребность во внедрении экономичных и эффективных средств диагностики и контроля геометрии изделий [3].

Одним из способов решения данной проблемы является применение современных методов исследования, а именно лазерного сканирования.

Лазерное сканирование – технология, которая позволяет создать цифровую трехмерную модель реального объекта, представив его в виде набора точек с пространственными координатами. Данная технология основана на использовании новых высокоточных приборов – лазерных сканеров, измеряющих координаты точек поверхности объекта со скоростью порядка нескольких десятков тысяч точек в секунду. Эти системы сочетают в себе высокую производительность, достаточную точность и информативность полученных результатов измерений. Полученный набор точек называют «облаком точек» и впоследствии он может быть представлен в виде трехмерной модели объекта, чертежа, набора сечений поверхности и т.д. Более полную цифровую картину невозможно представить никаким другим из известных способов. Процесс съемки может быть полностью автоматизирован, а участие оператора сводится к подготовке сканера к работе [4].

Целью работы является оптимизация процессастыковки крупногабаритных сборок на финальных этапах работы с космическим аппаратом, без применения технологии с использованием шаблонов.

Задачами работы является:

- проведение измерения поверхностей движательной установки (ДУ);
- проведение измерения поверхностей зоны размещения движательной установки;
- обработка результатов измерений.



Рис. 1. Процесс сканирования лазерной координатно-измерительной системой на базе лазерного сканера

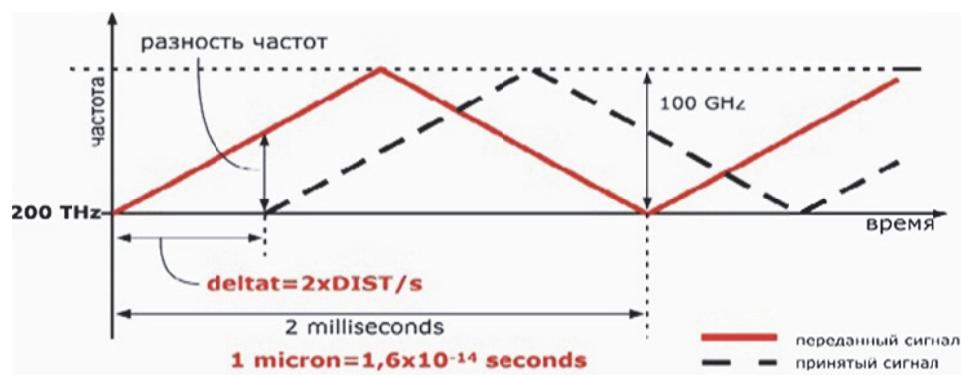


Рис. 2. Принцип работы лазерного сканера

Объектами исследования является двигательная установка и ее зона размещения на космическом аппарате. Сборочные единицы двигательной установки не должны выходить за пределы зоны двигательной установки (рис. 3). В свою очередь сборочные единицы посадочно-го места на КА не должны выходить за пределы зоны размещения ДУ (рис. 4).

Измерения координат контрольных точек для определения поверхностей двигательной установки и зоны ее размещения выполняются лазерным сканером серии MV, путем сканирования данных поверхностей лазерным лучом. Шаг сканирования может меняться в процессе

измерения, в зависимости от типа поверхности. Поверхности проводов и трубопроводов должны быть сканированы более плотно.

После замера всех элементов конструкции следует обработка полученных данных.

В программном обеспечении Spatial Analyzer производится совмещение облака точек с соответствующей CAD моделью [5].

Далее строим векторную схему отклонений соответствующих сборок от их CAD моделей. Причем в векторной схеме отклонения двигательной установки (рис. 9, 10) нас интересуют вектора, направленные в положительном направлении (наружу), а в схеме отклонений от

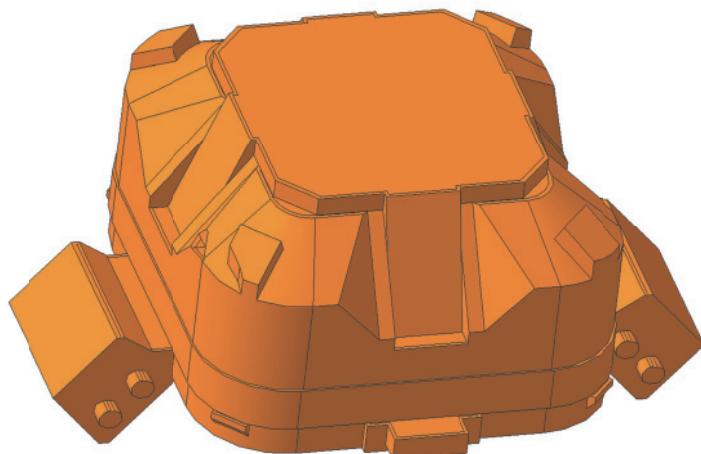


Рис. 3. Зона двигательной установки космического аппарата

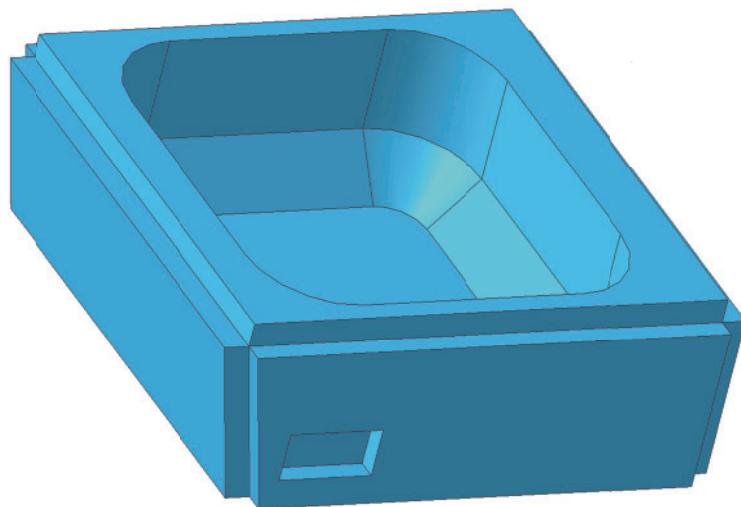


Рис. 4. Зона размещения двигательной установки на космическом аппарате

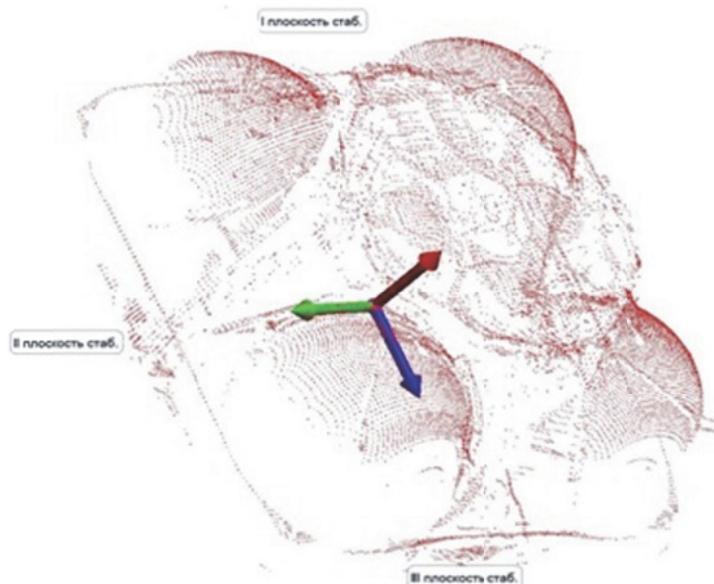


Рис. 5. Облако точек, полученное после сканирования двигательной установки

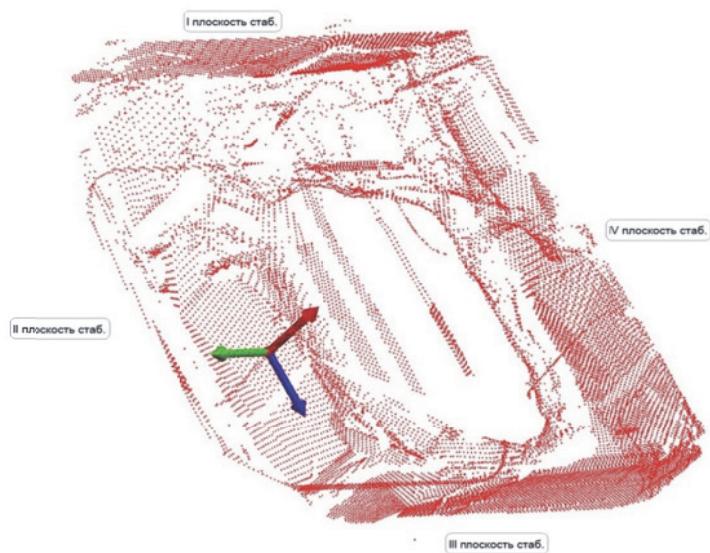


Рис. 6. Облако точек, полученное после сканирования зоны размещения двигательной установки

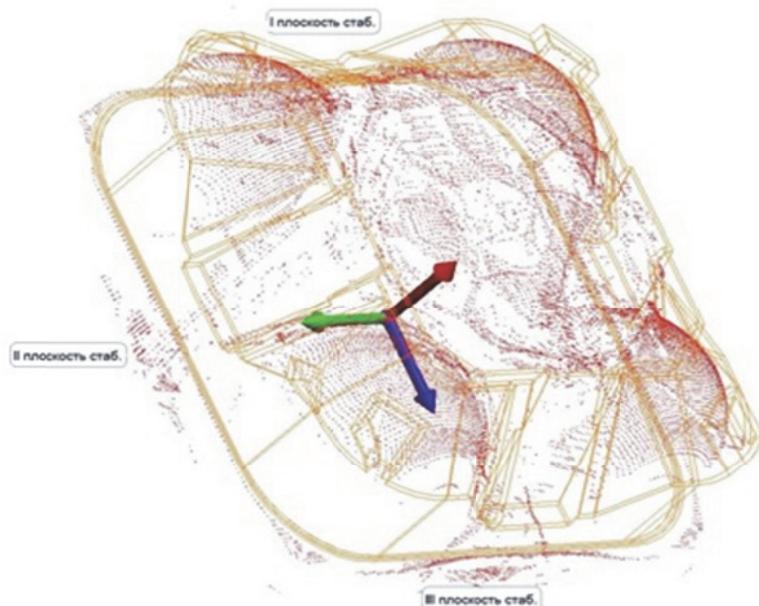


Рис. 7. Совмещение облака точек, полученного после сканирования двигательной установки с CAD моделью зоны двигатательной установки

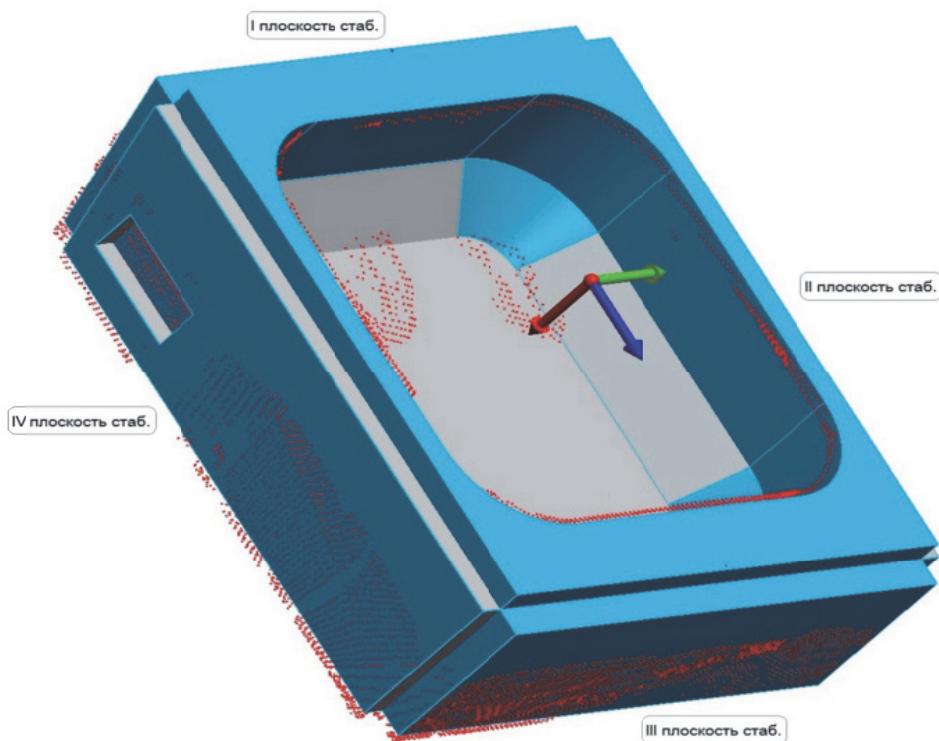


Рис. 8. Совмещение облака точек, полученного после сканирования зоны размещения двигательной установки с CAD моделью зоны размещения двигательной установки

CAD модели зоны размещения двигательной установки анализируются векторы, направленные в отрицательном направлении (внутрь).

По полученным в результате измерений данным локализуются места, превышающие установленные габариты и величины отклонений. Производится доработка этих мест в соответствии с полученными данными и повторяется операция сборки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы произведено моделирование процесса позиционирования составных частей космического аппарата. Проведен анализ измеренных данных поверхностей двигательной установки и зоны под её установку, полученных с помощью лазерной координатно-измерительной системы серии MV. Полученные

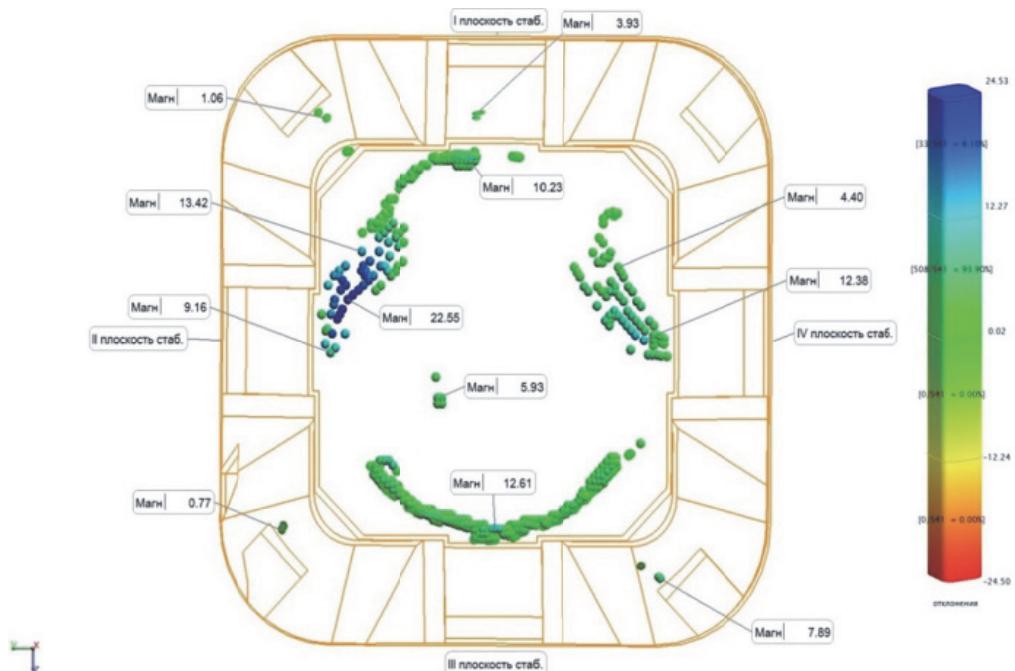


Рис. 9. Векторная схема отклонений измеренных точек двигательной установки от CAD модели зоны ДУ

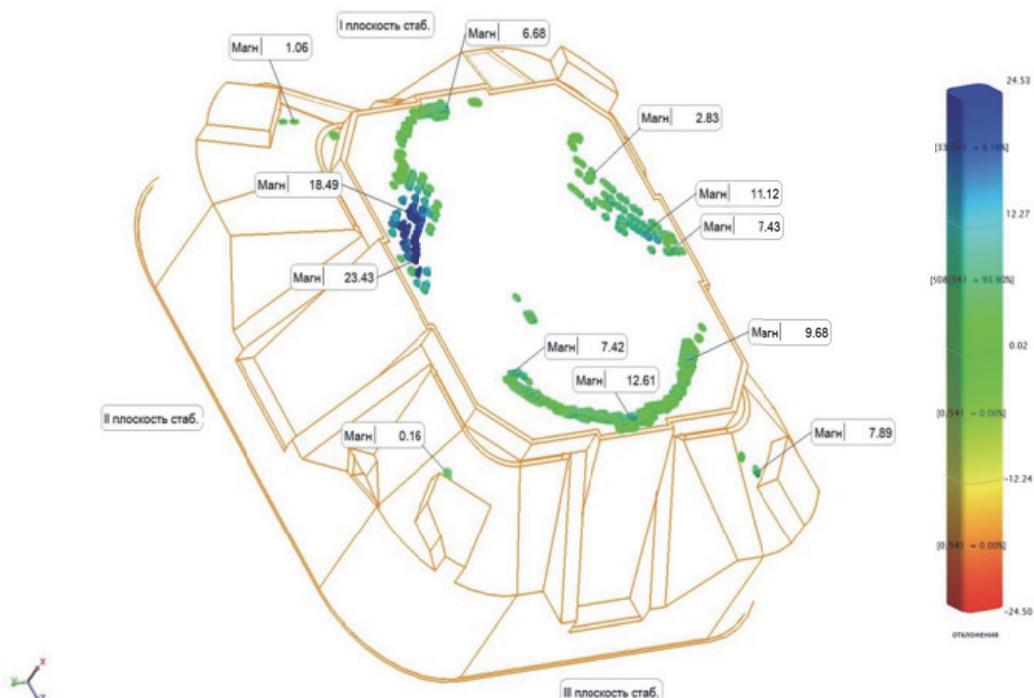


Рис. 10. Векторная схема отклонений измеренных точек двигательной установки от CAD модели зоны ДУ

3D-модели сборки и зоны для её размещения проверены на соответствие их CAD моделям, что позволяет сделать вывод о том, что окончательная установка крупногабаритной сборки будет произведена в зоне её размещения без замечаний. Применение данной технологии позволяет отказаться от использования шаблонов и обеспечивает высокую точность измерений. При этом сокращены материально-технические

издержки и цикл производства космического аппарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология сборки и испытаний космических аппаратов [Текст] / под общ. ред. И. Т. Белякова и И.А. Зернова. // М.: Машиностроение, 1990.- 352 с.
2. Каракулов, Ю.А. Измерение отклонений от соос-

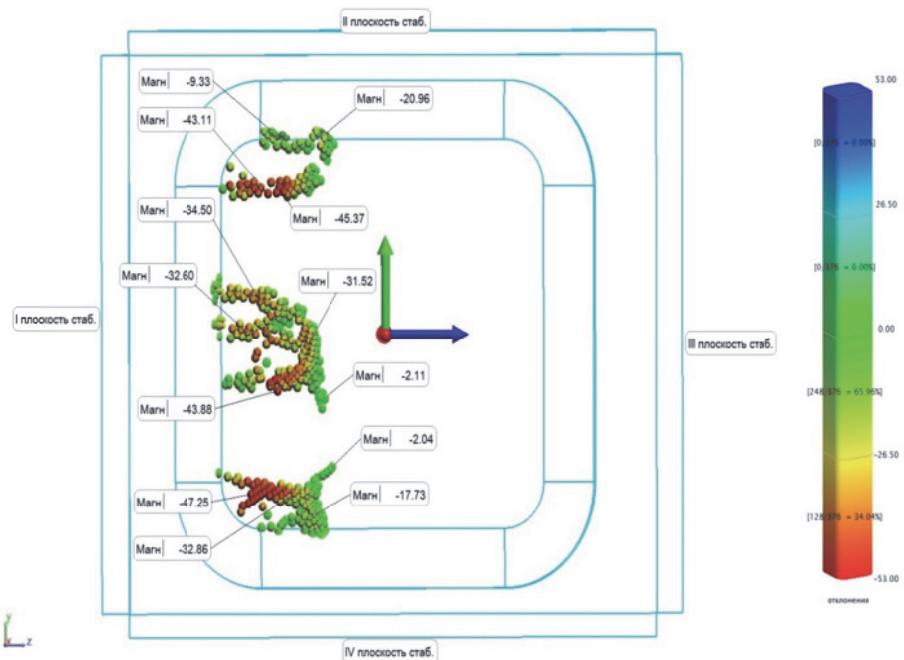


Рис. 11. Векторная схема отклонений измеренных точек зоны размещения двигательной установки от её CAD модели

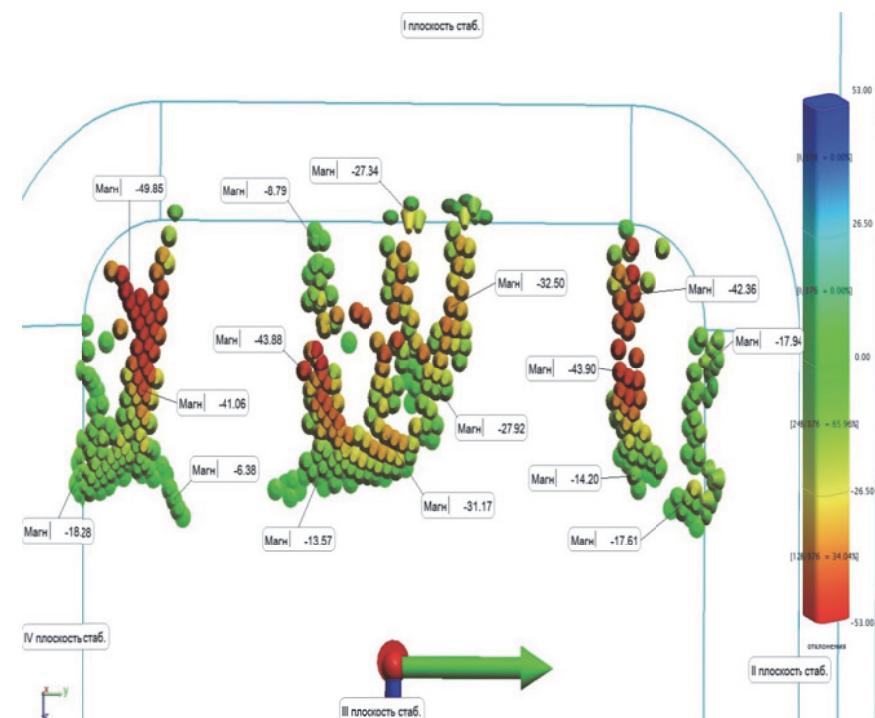


Рис. 12. Векторная схема отклонений измеренных точек зоны размещения двигательной установки от её CAD модели

- ности деталей в регулировочных клапанах турбин [Текст] / Ю.А. Каракулов // Изв. Вузов. Приборостроение. – 2007. – №4. – С. 27 – 30.
3. Космическое аппаратостроение: научно-технические исследования и практические разработки ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» [Текст] / А.Н. Кирилин, Г.П. Аншаков, Р.Н. Ахметов [и др.] // Самара: АГНИ, 2011. – 280 с.
 4. Демкин, В.Н. Лазерные технологии при измерении геометрии поверхности сложной формы (обзор) [Текст] / В.Н. Демкин, В.Е. Привалов. // Вестн. СПбО АИИ. Вып.5. – СПб.: СПбГПУ, 2008. – С. 138 – 187.
 5. Якунин, В.В. Системы лазерные координатно-измерительные API Tracker 3 [Текст] / В.В. Якунин, Д.Г. Викорук. // Вестн. Метролога. Вып. 2. - СПб, 2009. – С. 13 – 15.

REFERENCES

1. *Beliakova I.T., Zernova I.A.* Spacecraft's assembly and testing technology [Text]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990. - 352 p.
2. *Karakulev, Y.A.* Measurement of deviations from coaxiality of components in regulating valves of turbines [Text] / Y.A. Karakulev. // Izv. Vuzov. Priborostroenie. – 2007. - №4. – p. 27-30.
3. Space apparatus building: scientific-technical researches and practical creations of GNPRKC «CSKB-Progress» [Text] / A.N. Kirilin, G.P. Anshakov, R.N. Ahmetov [at alias] // Samara: AGNI, 2011. – 280 p.
4. *Demkin V.N., Privalov V.E.* Laser technologies when measuring the geometry of irregular shape (Review) // Vestn. SPbO AIN. Publication 5. SPbGPU, 2008. P.138-187.
5. *Yakunin V.V.* Laser coordinate measuring system API Tracker 3 [Text] / V.V. Yakunin, D.G. Vikoruk. // Vestn. Metrologa. Publication 2. – SPb, 2009. - p. 13 – 15.

SIMULATION OF THE POSITIONING PROCESS OF THE SPACECRAFT'S COMPONENTS AT THE FINAL STAGES OF ASSEMBLY

© 2019 O.S. Efremkin, S.N. Shaposhnikov

JSC SRC «Progress», Samara

The paper treats the issue of efficient method of the spacecraft's components at the final stages of assembly. Measurements of large-sized structure's surfaces were carried out by the laser coordinate-measuring system. The advantages of using a coordinate measuring system based on the laser radar over patterns are shown. The results of the measurements are presented.

Keywords: spacecraft, laser radar, cloud of points, pattern, geometrics control, 3D pattern

Oleg Efremkin, Head of the Group.

E-mail: olegef1@rambler.ru

Sergey Shaposhnikov, Leading Design Engineer.

E-mail: serg9ff@mail.ru