

УДК 629.783

**РЕГУЛИРОВКА ПОЛОЖЕНИЯ И ОРИЕНТАЦИИ РЕФЛЕКТОРОВ СПУТНИКА СВЯЗИ
В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА, С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕКСАПОДА
ПОД КОНТРОЛЕМ ЛАЗЕРНОГО ТРЕКЕРА**

В. В. Петров², А. В. Юсов^{1*}, С. А. Козлов¹, Е. А. Устинова¹, Г. Б. Бузик², Ю. В. Зуев²

¹ООО «Прикладная механика»

Российская Федерация, 105203, г. Москва, ул. Парковая 15-я, 5

*E-mail: yusov@amech.ru

²ООО «Промышленная геодезия»

Российская Федерация. 199106, г. Санкт-Петербург, Большой просп. ВО, 84, литер А

Рассмотрены вопросы регулировки положения и ориентации рефлекторов спутника связи в процессе производства. В качестве решения предлагается использовать юстировочно-метрологический комплекс, состоящий из 6-координатного манипулятора типа гексапод и лазерного трекера. Разработана и опробована на натурном объекте методика совместного использования гексапода и лазерного трекера для монтажа и юстировки рефлекторов антенн на космическом аппарате.

Ключевые слова: спутник связи, гексапод, юстировка антенны, лазерный трекер, механизм параллельной структуры.

**FINE LINEAR AND ANGULAR POSITIONING OF A COMSAT ANTENNA REFLECTOR
IN MOUNTING PROCESS BY MEANS OF HEXAPOD MANIPULATOR AIDED
BY LASER TRACKER**

V. V. Petrov², A. V. Jusov^{1*}, S. A. Kozlov¹, E. A. Ustinova¹, G. B. Buzik², Ju. V. Zuev²

¹LLC "Applied mechanics"

5, 15-ya Parkovaya Str., Moscow, 105203, Russian Federation

*E-mail: yusov@amech.ru

²LLC "Industrial geodesy"

Letter A, 84, VO Grand Av., Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation

We analyze aspects of fine position and orientation adjustment in the course of a comsat antenna mounting. To solve a problem, we propose a metrological system of a 6-axis hexapod manipulator and laser position tracker with specific adjusting methods. The results of designing, producing and field testing are shown below.

Keywords: communications satellite, hexapod, adjustment antenna, laser tracker, parallel mechanism.

На сегодняшний день пространственная ориентация антенн и оптических приборов относительно осей космического аппарата (КА) или других элементов конструкции при монтаже – актуальная проблема, требующая более эффективного решения.

Наиболее рациональным решением представляется объединение многоосевой позиционирующей системы параллельной структуры – гексапода с высокоточной портативной координатоопределяющей системой – лазерным трекером в единый юстировочно – метрологический комплекс [1].

Задачи, связанные с сопряжением метрологических и юстировочных приборов в процессе монтажа объектов на КА можно подразделить на несколько категорий.

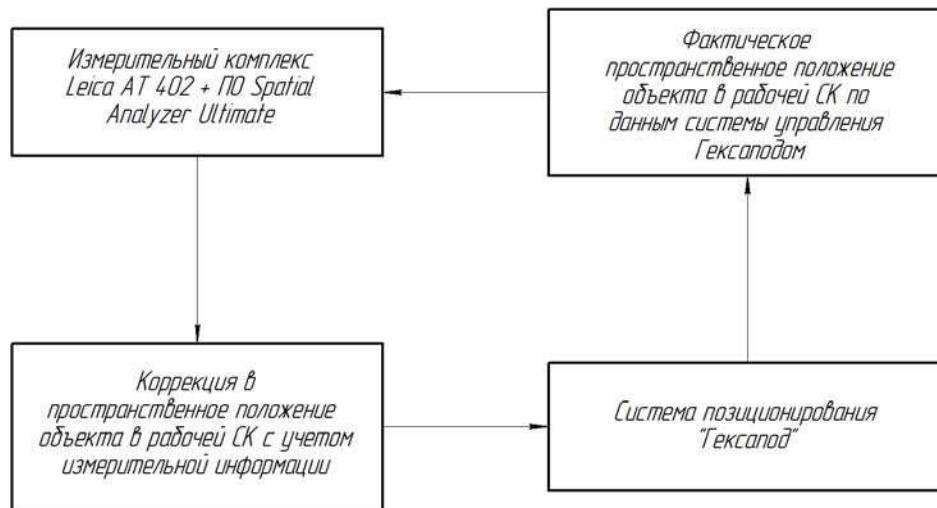
К первой можно отнести задачи высокоточного пространственного измерения положения и ориентации осей космического аппарата. Для этого в практике промышленной метрологии давно и успешно применяются лазерные трекеры Leica серии AT400 и AT900. В частности, в данной работе был применен

абсолютный лазерный трекер Leica AT402 [2] под управлением программного комплекса Spatial Analyzer Ultimate.

Результатом измерений с помощью координатоопределяющей системы является взаимное фактическое пространственное положение осей КА, элементов его конструкции и позиционируемых объектов.

Ко второй категории относятся задачи, связанные с высокоточным пространственным перемещением и ориентированием. Эффективными для этой задачи являются многоосевые манипуляторы параллельной структуры серии Гексапод-ПМ-мкм-3 «Прикладная механика» [3] и их специальные модификации. В частности, в данной работе был применен манипулятор параллельной структуры Гексапод-ПМ-мкм-П.

В данной работе лазерный трекер Leica AT402 обеспечивает определение ориентации рефлектора в системе координат космического аппарата, а манипулятор Гексапод-ПМ-мкм-П – пространственное перемещение и позиционирование перед фиксацией рефлектора [4–5].



Блок-схема аппаратно-программного взаимодействия

Третьей и важнейшей категорией задач, решаемых при разработке юстировочно-метрологического комплекса, является обеспечение взаимной обратной связи между измерительной системой – лазерным трекером и системой позиционирования – гексаподом.

В частности, для работы такой системы необходим согласованный протокол обмена пространственной информацией между двумя элементами комплекса. Блок-схема аппаратно-программного взаимодействия представлена на рисунке.

Лазерный трекер способен предоставить точную измерительную информацию о фактическом положении позиционируемого объекта в пространстве на любой момент времени по отношению к системе координат (СК) КА. Предварительным условием работы комплекса также являются известные параметры трансформации от СК КА к СК Гексапода. При этом, погрешность определения этих параметров трансформации может быть высокой – до $\pm 1-2$ мм.

Измерительная система циклически определяет фактическое положение объекта и вычисляет отклонение от номинального положения. Одновременно с этим, система позиционирования передает информацию о фактическом положении объекта по данным системы управления гексапода. При этом важно, чтобы обмен данными проводился в единой рабочей СК. Далее программное обеспечение формирует параметры коррекции в положение объекта для системы управления гексапода и выполняется итерация корректирующего позиционирования.

Затем цикл повторяется до тех пор, пока отклонения от номинального пространственного положения объекта не войдут в установленный допуск.

Юстировочно-метрологический комплекс успешно прошел испытания и наилучшим образом показал себя в работе, выполнив все поставленные перед ним задачи. Трудоемкость, количество итераций, а самое главное – время выполнения работ существенно сократилось.

Библиографические ссылки

1. Петров В. В. Обмер объектов крупного машиностроения в пространственных высотно-угловых сетях // Полезные ископаемые России и их освоение : сб. тр. науч.-практич. конф. СПб : Санкт-Петербург. гос. горный ин-т, 1996. С. 165–175.
2. Описание типа средств измерений Системы лазерные координатно-измерительные Leica Absolute Tracker AT901, Leica Absolute Tracker AT402.
3. Electronic textbook StatSoft [Электронный ресурс]. URL: <http://amech.ru/> (дата обращения: 26.07.2017).
4. Компоненты высокоточного электромеханического привода для сверхнизких температур (4.2 К) системы адаптации трансформируемой космической конструкции / А. В. Юсов, С. А. Козлов, М. Ю. Архипов, Е. А. Костров // Вестник СибГАУ. 2016. № 1 (17). С. 170–175.
5. БАСП 442429.003 РЭ / Руководство по эксплуатации // Манипулятор шестистепенной «Гексапод ПМ-мкм-П». 2017. С. 1–12.

References

1. Petrov V. V. [Measurement of engineering objects close in the spatial high-altitude-angular networks]. Materialy. nauch. konf. "Minerals of Russia and their development". SPGGI, SPb., 1996. P. 165–175.
2. A description of the type of measuring System laser measuring AT901 Leica Absolute Tracker, the Leica Absolute Tracker AT402.
3. Electronic textbook StatSoft. Available at: <http://amech.ru/> (accessed: 26.07.2017).
4. Components of high-precision electromechanical actuator for system of adaptation transformable space telescope for ultra-low temperatures (4.2 K) / A. V. Jusov, S. A. // Vestnik SibSAU. 2016. № 1 (17). P. 170–175.
5. BASPA 442429.003 PE. [The user manual for]. "Manipulator shestistrunnoi "Hexapod PM-m-P", 2017. P. 1–12.

© Петров В. В., Юсов А. В., Козлов С. А., Устинова Е. А., Бузык Г. Б., Зуев Ю. В., 2017