

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное космическое агентство  
Правительство Красноярского края  
Сибирский государственный аэрокосмический университет  
имени академика М. Ф. Решетнева  
ОАО «Информационные спутниковые системы»  
имени академика М. Ф. Решетнева»  
ОАО «Красноярский машиностроительный завод»  
ФГУП «Центральное конструкторское бюро «Геофизика»  
Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук  
Совет ректоров вузов Красноярского края  
Федерация космонавтики России  
Ассоциация вузов России «Национальный объединенный аэрокосмический университет»  
Краевое государственное автономное учреждение «Красноярский краевой фонд  
поддержки научной и научно-технической деятельности»



# РЕШЕТНЕВСКИЕ ТЕННИЯ

---

*Материалы XVII Международной научной конференции,  
посвященной памяти генерального конструктора  
ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева  
(12–14 ноября 2013 г., Красноярск)*

В 2 ЧАСТЯХ. ЧАСТЬ 1

УДК 629.7  
ББК 30 + 2  
Р47

Под общей редакцией  
доктора физико-математических наук  
Ю. Ю. ЛОГИНОВА

**Редакционная коллегия:**

Е. В. БЕЛЯКОВА, В. Г. БОНДАРЕНКО, А. А. ВОРОШИЛОВА, Е. Н. ГОЛОВЕНКИН, В. В. ДВИРНЫЙ,  
С. П. ЕРЕСКО, Л. В. ЕРЬГИНА, В. Ю. ЖУРАВЛЕВ, В. В. ЗОЛОТАРЕВ, Н. В. ИЛЮШИН, И. Н. КАРЦАН,  
М. В. ЛУКЬЯНЕНКО, А. В. МЕДВЕДЕВ, В. Л. МИРОНОВ, А. Е. МИХЕЕВ, А. В. МУРЫГИН,  
В. П. НАЗАРОВ, Л. А. ОБОРИН, А. С. ПАРШИН, Л. В. РУЧКИН, М. В. САВЕЛЬЕВА,  
К. В. САФОНОВ, М. Н. ФАВОРСКАЯ, В. Х. ХАНОВ, В. Г. ЯЦУНЕНКО

Р47 **Решетневские чтения** : материалы XVII Междунар. науч. конф., посвящ. памяти генер. конструктора ракет.-космич. систем акад. М. Ф. Решетнева (12–14 нояб. 2013 г., Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2013. – Ч. 1. – 522 с.

Сборник содержит материалы XVII Международной научной конференции «Решетневские чтения», посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, в которых представлены результаты исследований ученых и специалистов предприятий и организаций аэрокосмической отрасли, преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов высших учебных заведений Российской Федерации и стран ближнего и дальнего зарубежья.

Сборник рассчитан на научных сотрудников, работников промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

В статьях сохранен авторский стиль изложения.

УДК 629.7  
ББК 30 + 2

## РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗВЕЗДНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

М. М. Молдабеков<sup>1</sup>, С. А. Елубаев<sup>2</sup>, К. А. Алипбаев<sup>2</sup>, Т. М. Бопеев<sup>2</sup>, А. С. Сухенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальное космическое агентство Республики Казахстан  
Республика Казахстан, 010000, г. Астана, Левобережье, ул. Орынбор, 8

<sup>2</sup>ДТО «Институт космической техники и технологий»  
АО «Национальный центр космических исследований и технологий»  
Республика Казахстан, г. Алматы. E-mail: anna.sukhenko@mail.ru

*Рассмотрены основные этапы разработки оптической системы первого казахстанского звездного датчика.*

*Ключевые слова: космический аппарат, звездный датчик, оптическая система.*

## DEVELOPMENT OF AN OPTICAL SYSTEM OF A STAR TRACKER FOR SATELLITES

M. M. Moldabekov<sup>1</sup>, S. A. Elubaev<sup>2</sup>, K. A. Alipbaev<sup>2</sup>, T. M. Bopееv<sup>2</sup>, A. S. Sukhenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National space agency of the Republic of Kazakhstan

8, Orynbor str., Left bank, Astana, 010000, Republic of Kazakhstan,

<sup>2</sup>SLP «Institute of space technics and technologies» CA «National center of space research and technologies», Republic of Kazakhstan, Almaty. E-mail: anna.sukhenko@mail.ru

*The basic development stages of an optical system of the first kazakhstani star tracker are considered in this paper.*

*Keywords: satellite, star tracker, optical system.*

Как известно, в Казахстане в ближайшее время будут запущены космические аппараты ДЗЗ, разработанные совместно с Францией и Великобританией. В будущем планируется разрабатывать космические аппараты ДЗЗ своими силами. В связи с этим является актуальным вопрос о разработке их отечественных комплектующих и компонентов. Одним из таких компонентов является звездный датчик. На текущий момент в Казахстане силами отечественных специалистов уже проведены работы по созданию экспериментального образца оптической системы звездного датчика.

На начальном этапе определены общие требования к оптической системе: поле зрения – 20 градусов, диаметр входного зрачка – 25 мм, диаметр пятна рассеяния – 85 % энергии в 39 мкм [1]. Далее на этапе предварительного проектирования с учетом полученных требований был произведен выбор варианта экспериментального образца оптической системы звездного датчика.

При этом рассматривалось три варианта оптической системы: пятилинзовая, шестиллинзовая и семиллинзовая. В результате расчетов и проектирования выбор был определен в пользу шестиллинзовой оптической системы, так как она позволяет компенсировать большинство аберраций, а значения основных качественных параметров оптической системы не уступают значениям данных параметров, полученных для семиллинзовой оптической системы. На этапе детального проектирования разработана схема оптической системы, состоящей из выпукло-вогнутых, двояковыпуклых и вогнуто-выпуклых линз. Также разработаны чертежи конструкции объектива звездного датчика, состоящего из корпуса, линз, резьбовых и промежуточных колец.

На основе результатов предварительного и детального проектирования изготовлен экспериментальный образец оптической системы звездного датчика. Технология изготовления экспериментального образца оптической системы звездного датчика состоит из следующих основных этапов: подготовительные работы, изготовление оптических деталей звездного датчика (линзы), изготовление механических деталей (корпус, различные резьбовые и промежуточные кольца), сборка оптической системы звездного датчика.

На этапе подготовительных работ проведено приобретение материалов, подготовка требуемого оборудования, изготовлены инструменты и вспомогательное оборудование, изготовлены пробные стекла.

Для изготовления линз оптической системы звездного датчика использованы различные марки оптического стекла. Процесс изготовления линз оптической системы состоит из стадий распиливания и вырезания, обдирки, грубого и тонкого шлифования, полирования и покрытия исполнительных поверхностей оптических деталей [2]. При этом на каждом этапе технологического процесса разработки оптических деталей производится их контроль. В частности, на этапе грубого и тонкого шлифования производится контроль радиуса кривизны, косины и толщины исполнительных поверхностей линз. На этапе полирования исполнительных поверхностей производится контроль исполнительных поверхностей линз с помощью пробных стекол. В результате изготовлено три комплекта линз, один из которых приведен на рис. 1 [3].

Комплект механических деталей оптической части звездного датчика состоит из корпуса объектива, промежуточных и резьбовых колец, служащих для разделения и закрепления линз оптической системы.

Для повышения адгезии лакокрасочных покрытий и защиты от коррозии производится покрытие механических деталей (рис. 2).



Рис. 1. Линзы экспериментального образца оптической системы звездного датчика



Рис. 2. Механические детали экспериментального образца оптической системы звездного датчика



Рис. 3. Экспериментальный образец оптической системы звездного датчика

После изготовления оптических и механических деталей оптической системы звездного датчика произведена ее сборка, которая заключается в установке оптических и механических деталей в корпусе объектива звездного датчика в порядке, установленном на стадии предварительного проектирования. Результат сборки экспериментального образца оптической системы звездного датчика приведен на рис. 3.

Полученная оптическая система будет в дальнейшем использована для разработки оптической головки экспериментального образца звездного датчика. Разработанный в результате экспериментальный образец звездного датчика будет первым этапом к созданию его опытного образца, который может быть использован на казахстанских космических аппаратах ДЗЗ.

### Библиографические ссылки

1. Разработать математическое обеспечение и имитационную модель звездного датчика для космических аппаратов: отчет о НИР (промежуточ.) / Институт космической техники и технологий; рук. Молдабеков М. М., исполн. Елубаев С. А. [и др.]. Алматы, 2012. 121 с. № ГР 0112РК00340. Инв. № 0212РК00953.

2. Зубаков В. Г., Семибратов М. Н., Штандель С. К. Технология оптических деталей : учебник для вузов / под ред. М. Н. Семибратова. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1985. 367 с.

### References

1. Razrabotat matematicheskoe obespechenie i imitacionnyuyu model zvezdnogo datchika dlya kosmicheskikh apparatov: otchet o NIR (promejutochn.) / Institut kosmicheskoi techiki i tehnologii; ruk. Moldabekov M. M., ispoln. Elubaev S.A. [i dr.] – Almaty, 2012. 121 s. №GR 0112RK00340. Inv. № 0212RK00953.

2. Zubakov V. G., Semibratov M.N., Shtandel S. K. Technologia opticheskikh detalei: Uchebnik dlya vuzov / pos red. M. N. Semibratova. 2-e izd., pererab. i dop. M. : Mashinostroenie, 1985. 367 s.

© Молдабеков М. М., Елубаев С. А., Алипбаев К. А.,  
Бопеев Т. М., Сухенко А. С., 2013