

Р. А. Ложков^{1}, И. В. Парко¹*

Особенности конструкции сплошного зеркала для работы в ИК-диапазоне

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: Roman.Lozhkov2005@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен новый телескоп оптико-лазерной обсерватории имени Г. С. Титова, расположенный в селе Саввушка Змеиногорского района на вершине горы Большая на высоте 640 метров в одном километре от нижней площадки телескопа первой линии. Главное зеркало имеет диаметр 3,12 метра и вес 70 тонн. Данный телескоп будет являться первым аналогичным прибором в России и лишь вторым в мире. Для его установки было возведено бетонное сооружение высотой, эквивалентной 12-этажному зданию, достигающему высоту 45 метров от основания до перекрытия. С использованием уникального телескопа будет возможно наблюдение объектов, находящихся на расстоянии до 400 тысяч км от Земли, получение изображений космических объектов с высоким разрешением, отслеживание движения космического мусора и, следовательно, предотвращение столкновения с ними работающих аппаратов, включая МКС.

Ключевые слова: телескоп, Алтайская оптико-лазерная обсерватория, оптико-лазерная технология, космический мусор, адаптивная оптика

R. A. Lozhkov^{1}, I. V. Parko¹*

Design features of a solid mirror for work in the IR range

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: Roman.Lozhkov2005@yandex.ru

Annotation. The article presents a new telescope of the G. S. Titov optical-laser observatory, in the village of Savvushka, Zmeinogorsky district, on the top of Bolshaya Mountain at an altitude of 640 meters, one kilometer from the lower platform of the first line telescope. The main mirror has a diameter of 3.12 meters and a weight of 70 tons. The device will surpass the existing ones several times. This will be the first such telecast in Russia and only the second in the world. A concrete structure with a height comparable to a 12-storey building, 45 meters high from the base to the ceiling, was built. With the help of a unique telescope, it will be possible to observe objects remote from Earth at a distance of up to 400 thousand km, obtain high-resolution images of space objects, track the movement of space debris and thus prevent collisions with them by operating spacecraft, including the ISS.

Keywords: telescope, Altai optical-laser Observatory, optical-laser technology, space debris, adaptive optics

Введение

Подобно тому, как тепловые волны ухудшают видимость нагретых участков земной поверхности, температурные изменения в атмосфере влияют на качество изображений далеких объектов, полученных с помощью телескопов. Турбулент-

ность атмосферы влияет на формирование изображений, на это обратил внимание еще в 1704 году Исаак Ньютон.

Поэтому свет, попадающий в телескоп, достигает различных точек входной апертуры, следуя различным траекториям. Существуют статистические характеристики, определяющие размер и качество изображения, например, длина когерентности (r_0), числовое значение которой в нормальных условиях обычно равно 100 мм. Таким образом, даже в хороших условиях разрешающая способность крупного телескопа (с диаметром 4 или 8 метров) сопоставима с разрешающей способностью телескопа с апертурой 100 мм, а само изображение будет четким настолько это позволяет атмосфера.

Воздушный слой, необходимый для существования жизни на Земле, вызывает проблемы у астрономов. Он благоприятен для дыхания, однако при изучении тусклых внеземных тел его влияние на качество изображений ощутимо. Поэтому оптико-лазерная технология позволит уменьшить влияние воздушного слоя для изучения дальнего космоса.

Явление атмосферной турбулентности создает ситуацию, в которой большая апертура телескопа представляется множеством малых апертур размера r_0 , каждая из которых испытывает независимую вибрацию, что делает совмещение отдельных точек изображения практически невозможным. Степень этой вибрации определяется временным параметром когерентности, обычно составляющим порядка 1 миллисекунды. В результате изображение становится размытым из-за дрожания, похожего на дрожание руки, но с частотой до тысячи герц.

Лазерная адаптивная оптика – это относительно новый метод получения качественных изображений с использованием наземных телескопах. В телескопах, таких как телескоп Кек на Гавайях или большой телескоп ESO VLT в Чили, уже применяется лазерная адаптивная оптика для вывода качества изображений на новый уровень. Несмотря на то, что телескопы, работающие в космосе, позволяют получить уникальные изображения для исследований их обслуживание является дорогостоящим [1–10].

Космический мусор. Эксперты не могли представить, что спустя всего несколько десятилетий после начала космической программы, полеты в космос и выполнение различных задач на орбите станут рискованными из-за вероятных столкновений функционирующих спутников и других аппаратов с космическим мусором [11].

Согласно информации специалистов, вызывает беспокойство тот факт, что мусор космического происхождения активно засоряет области околоземного космического пространства, где функционируют космические аппараты (КА). Эти объекты, перемещаясь по рабочим орбитам с высокой скоростью, представляют реальную угрозу столкновения с действующими КА. Даже небольшой фрагмент может вывести их из строя. Возникают риски для пилотируемых полетов.

Мы не осознаем, что каждую неделю в атмосферу Земли попадает космический объект, который в той или иной степени представляет опасность для населения планеты. Проблема космического мусора на околоземной орбите стано-

вится все более актуальной. Объекты, завершившие свою миссию, накапливаются на орбитах и создают угрозу для новых и действующих космических аппаратов. Несмотря на то, что исследования космоса ведутся более полувека, количество отработанных спутников продолжает расти. Столкновения с ними неизбежны, а разрушения после них являются серьезной проблемой. [12–15]

С целью решения упомянутых выше проблем был разработан передовой ОЭК (оптико-электронный комплекс) вблизи села Саввушка, который состоит из четырех типов телескопов различного назначения, способных обнаруживать элементы космического мусора размером более четверти метра [16].

На завершающем этапе стоит гигантский телескоп с главным зеркалом диаметром 3,12 метра и весом 70 тонн. Строительство второй линии оптико-лазерного центра завершается в селе Саввушка Змеиногорского района на вершине горы Большая. Высота расположения объекта составляет 640 метров, а расстояние от нижней площадки до места установки телескопа – около одного километра, макет оптико-лазерного центра указан на рисунке 1. Этот телескоп станет первым подобным объектом в России и вторым в мире. Для него уже возведено бетонное сооружение высотой, сопоставимой с 12-этажным домом, 45 метров от основания до перекрытия [11].



Рис. 1. Макет оптико-лазерного центра

Производителем главного зеркала диаметром 3 метра 12 сантиметров для самого большого телескопа Алтайского оптико-лазерного центра им. Г. С. Титова выступил Холдинг «Швабе» (центр имени Г.С. Титова входит в Научно-производственную корпорацию «Системы прецизионного приборостроения» Роскосмоса).

Чтобы избежать искажений изображений в оптической системе, зеркало, изготовленное на Лыткаренском заводе (ЛЗОС) и переданное Алтайскому оптико-лазерному центру имени Г. С. Титова, принадлежит к категории зеркал, изменяемых в форме во время эксплуатации. Оптика, созданная на предприятии Ростеха, широко используется на телескопах по всему миру, включая несколько крупных телескопов с зеркалами диаметром до 4 метров, работающих в ведущих исследовательских центрах.

При изготовлении зеркала, как и при любом производстве оптических деталей, производился контроль поверхности с необходимыми операциями по ретуши и обработке для достижения фокусного расстояния и разрешающей способности зеркала [17].

С помощью этого уникального телескопа можно будет наблюдать внеземные (космические объекты), находящиеся на расстоянии до 400 тысяч километров от Земли, получать высококачественные изображения этих объектов и отслеживать перемещение космического мусора. Таким образом, удастся предотвратить столкновения действующих аппаратов, включая Международную космическую станцию (МКС), с космическим мусором.

Задачи, поставленные новому оптико-лазерному телескопу.

1. Наблюдательная система за КА, космическими объектами, а также нештатно функционирующими (все военные аппараты). Т.е. следящая система как за космическими объектами, так и за объектами военного назначения. на орбитах с диапазоном высот от 150 км до 36 000 км.

2. Определение дальности космических аппаратов на низкой орбите с помощью лазерной дальнометрии на основе отраженного излучения от их рассеивающей поверхности.

3. Обнаружение, отслеживание и фотометрия космических аппаратов в инфракрасном диапазоне в течение дня, а также аппаратов, находящихся в тени ночью.

4. Обнаружение и определение параметров космического мусора, находящегося близко к контролируемым космическим аппаратам, с целью повышения безопасности их эксплуатации.

5. Получение подробных изображений низкоорбитальных космических аппаратов с помощью отраженного солнечного излучения с угловым разрешением, приближенным к дифракционному для телескопа с главным зеркалом диаметром 3,12 м для идентификации, уточнения и оценки состояния элементов конструкции аварийных космических аппаратов.

6. Запись подробных изображений низкоорбитальных сопровождаемых космических аппаратов, находящихся частично освещенными и неосвещенными Солнцем, с применением лазерного освещения [18–20].

Заключение

В ходе изучения данной темы можно отметить, что телескопы первой и второй линий имеют одинаковый спектр задач. Для решения таких серьезных проблем требуется телескоп, имеющий внушительные оптические

характеристики, именно поэтому и создается оптико-лазерный телескоп на базе обсерватории им. Титова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большасова Л.А., Лукин В.П. Адаптивная коррекция атмосферных искажений оптических изображений на основе искусственного опорного источника: монография. – ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 126с.
2. Большасова Л.А., Лукин В.П. Эффективность адаптивной оптической коррекции на основе лазерных опорных звезд: статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20687084>
3. Большасова Л.А., Лукин В.П. Исследования атмосферы для задач адаптивной оптики: статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45609561>
4. Лукин В.П. Применение технологий адаптивной оптики для расширения возможностей оптико-электронных систем: статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41382263>
5. Жумаева У.Я. Космический телескоп имени Хаббла: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32464870>
6. Кузавлева В.Ю., Шубина М.А., Гапанькова Е.С. Космический телескоп имени Джеймса Уэбба: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38209732>
7. Погодин М.А., Юдин Р.В., Хербиг С., Шеллер М. Спектрополяриметрическое исследование магнитных полей а-в звезд с околозвездными оболочками на 8-м телескопе vlt (eso, чили): Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25607191>
8. Язев С.А. 400 лет телескопической астрономии: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53213991>
9. Лукин В.П. Характеристики атмосферы и методы адаптивной оптики на крупноапертурных солнечных телескопах: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53913579>
10. Лукин В.П., Лукин И.П. Обзор современных технологий измерения, прогнозирования и коррекции турбулентных искажений в оптических волнах: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55923325>
11. «Саввушка: ЗВЕЗДНЫЙ ДОЗОР»: Статья. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ap22.ru/paper/paper_12015.html?ysclid=lt9ifpyeri336060566
12. Афанасьева Т.И., Гридчина Т.А., Колюка Ю.Ф., Мартыненко М.В. Результаты исследования эволюции облаков космического мусора, образующихся при разрушении объектов ракетно-космической техники на околоземных орбитах, на основе методов небесной механики, космической баллистики и компьютерной графики: статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45684149>.
13. Сиротин И.В., Ишкулов Э.Р., Прянишников Н.А. Космический мусор, влияние и опасности столкновения с космическими аппаратами: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39242023>.
14. Садонин Н.Е., Сушкевич Н.В., Шагапов А.А. Космический мусор и его влияние на работоспособность космических аппаратов: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22549312>.
15. Жуков А.О., Баркова М.Е., Кузнецова В.О., Гедзюн В.С., Белов П.Ю., Сачков М.Е. Способ обнаружения объектов космического мусора и наведения на них космического аппарата с использованием лазерного сканирования пространства: патент на изобретение. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60788740>.

16. «Игорь Усовик: о проблеме космического мусора и системах мониторинга»: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://2051.vision/2023/09/09/igor-usovik-o-problemah-kosmicheskogo-musora-i-sistemah-monitoringa/>.

17. «Ростех поставил уникальное зеркало для самого большого телескопа Алтайского оптико-лазерного центра»: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://rostec.ru/media/pressrelease/rostekh-postavil-unikalnoe-zerkalo-dlya-samogo-bolshogo-teleskopa-altayskogo-optiko-lazernogo-tsentr/?ysclid=lt9hz5u01o803104996>.

18. АО «НПК» «СПП»: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://npk-spp.ru/activity/altayskiy-optiko-lazernyy-tsentr/?ysclid=lt9i66ysf7921376364>

19. Галкин А.А., Гришин Е.А., Иншин П.П., Шаргородский В.Д. Получение изображений космических аппаратов телескопом алтайского оптико-лазерного центра с использованием адаптивной оптики: Статья. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9976684>.

20. Гензер А., Флорес-Ариас М.Т., Квинто-Су П.А. Лазерные методы изображения для обнаружения и отслеживания космических мусоров. Прогресс в аэрокосмических науках. 2016; 82: 37–46.

©Р. А. Ложков, И. В. Парко, 2024