

## Раздел II. Навигация и наведение

УДК 535.36

**В.А. Тупиков**

### **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ИНТЕРЕСАХ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ СИСТЕМ НАВЕДЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*В докладе рассматривается состояние и перспективы развития научных исследований и разработок ФГУП «НПК «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова» в области оптических систем обработки информации в интересах развития высокоточных систем наведения, информационного обеспечения и продукции двойного назначения. Показано что организация проводит исследования по созданию опережающего научно-технического задела в 10-ти основных научных направлениях: оптика лазеров, иконика и тепловидение, аэрокосмические оптико-электронные комплексы, гидрооптика, вычислительная оптика, объективостроение и наноиконика, спектроскопия, магнитометрия и магнитооптика, нанофотоника и фотофизика сред с нанобъектами, теоретическая оптика, оптика экстремальных режимов (сверхсильные поля), оптические солитоны, специальное оптико-электронное приборостроение.*

*Научные исследования и разработки; оптика; оптико-электронные приборы.*

**V.A. Tupikov**

### **OPTICAL INFORMATION PROCESSING SYSTEM STATE, SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT PROSPECTS FOR HIGH-PRECISION GUIDANCE SYSTEM DEVELOPMENT, INFORMATIONAL SUPPORT AND DUAL-PURPOSE PRODUCTION**

*This paper presents the state and prospects of the research activities and developments of "S.I.Vavilov State Optical Institute" in the field of optical image processing systems for the purpose of high-precision guidance systems, information ensuring and twofold purpose production. It is shown that institute is carrying out researches to create the advanced scientific and technical groundwork in a ten main scientific fields: laser optics, image processing and thermal imaging, aerospace optical-electronic systems, water optics, computer optics, lens building and nano-image processing, spectroscopy, magnetometry and magneto-optics, nanophotonics and photophysics of the nano-object environment, theoretical optics, extreme conditions optics (high-power fields), optical solitary waves, special optical-electronic devices.*

*Research activities and developments; optics; optical-electronic devices.*

ФГУП «НПК «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова» (далее – ГОИ), являясь ведущей научно-исследовательской организацией по направлению «Оптико-электронные приборы, системы и комплексы военного и гражданского назначения», проводит исследования по созданию опережающего научно-технического задела в 10-и основных научных направлениях развития современной оптики:

- ◆ оптика лазеров;

- ◆ иконика и тепловидение;
- ◆ аэрокосмические оптико-электронные комплексы;
- ◆ гидрооптика;
- ◆ вычислительная оптика, объективостроение и наноиконика;
- ◆ спектроскопия;
- ◆ магнитометрия и магнитооптика;
- ◆ нанофотоника и фотофизика сред с нанообъектами;
- ◆ теоретическая оптика, оптика экстремальных режимов (сверхсильные поля), оптические солитоны;
- ◆ специальное оптико-электронное приборостроение.

В рамках этих направлений работают 26 научных школ, реализующих научно-технический потенциал ГОИ (из 650 сотрудников ГОИ 35 имеют ученую степень доктора наук, 115 – кандидата наук, в институте работают два члена РАН и более 20 членов международных и отраслевых академий).

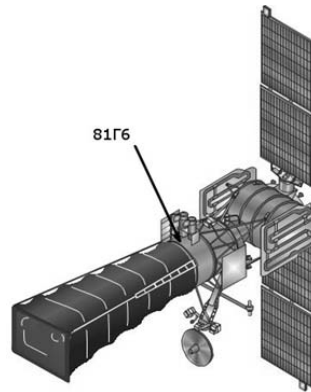


Рис. 1. Оптико-электронный комплекс космического базирования 81 Г6 на борту КА

Результаты исследований и перспективные планы работ научных школ ГОИ позволяют сформулировать изложенные ниже тенденции развития оптических систем обработки информации.

В части **информационного обеспечения** действий ВС РФ к настоящему времени создан и развивается научно-технический задел по оптическим системам дистанционного зондирования земли с космических аппаратов (в первую очередь – в интересах СПРН) [1].

Примером современной аппаратуры этого типа является серия крупногабаритных (с диаметром главного зеркала 1 м) облегченных инфракрасных телескопов 81 Г6 (рис. 1), работающих на орбите уже более 8 лет. Разработанные при создании этого комплекса уникальные технические и технологические решения позволяют использовать их в других системах, например, в области высокоточного наведения оптических лучей из космоса с точностями до 1...2 угл., слежения за космическими объектами и т.д.

Стратегически важным и наиболее приоритетным направлением развития оптических средств информационного обеспечения, обеспечивающим получение наиболее полной информации с борта космических и авиационных летательных аппаратов, является разработка и применение гиперспектральных (число спектральных полос более 100) и ультраспектральных (число спектральных полос более 1000) спектровизоров [2]. Такие приборы обеспечивают получение высокодетальных изображений местности в совокупности относительно узких участков

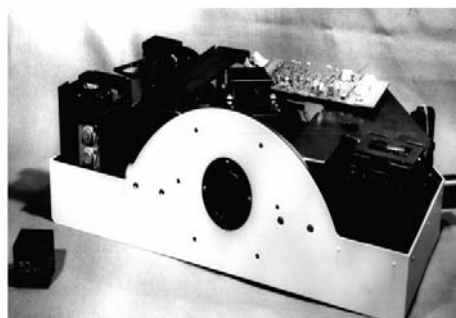
оптического диапазона (в настоящее время от 0,2 до 20 мкм). К задачам, которые будут эффективно решаться при применении гиперспектральных и ультраспектральных спектровизоров, относятся:

- ◆ информационное обеспечение применения высокоточного оружия (актуализация топоосновы, привязка сигнатур целей к топооснове);
- ◆ оперативный анализ фоноцелевой обстановки (предупреждение о пусках ракет, идентификация движущихся целей);
- ◆ обнаружение замаскированных объектов вооружения и военной техники (пусковые шахты и установки, блиндажи, танки, орудия, мины), а также инженерной инфраструктуры (газо- и нефтепроводы, мосты, переправы, полевые электростанции);
- ◆ химико-биологическая разведка (обнаружение и анализ зон химического и биологического поражения местности);
- ◆ военно-техническая инспекция (идентификация продуктов деятельности военно-промышленных предприятий и военных баз).

Основой для перспективных гиперспектральных и ультраспектральных спектровизоров является уникальная разработка ГОИ – Фурье-спектрометры (рис. 2,а; 2,б; 2,в). На этой базе возможно и дальнейшее развитие данного направления – создание Фурье-спектровизора-лидара, обеспечивающего возможность получения трехмерных гиперспектральных сигнатур с высоким разрешением, что открывает дополнительные возможности селекции объектов при наблюдении на фоне системы Земля-атмосфера.



*Рис. 2,а. Гиперспектрометр на основе динамического Фурье-спектрометра для определения малых газовых вредных примесей в атмосфере*



*Рис. 2,б. Динамический Фурье-спектрорадиометр с многоэлементным приемником для исследования атмосферы Земли и подстилающей поверхности с космических аппаратов*

Одной из наиболее новых и сложных разновидностей оптических систем информационного обеспечения являются информационно-прицельные системы ЛКВБ.

Эти системы предназначены для обнаружения и определения координат широкого класса аэрокосмических объектов с борта летательного аппарата для последующего наведения на них средств функционального подавления. Решение

такой сложной задачи потребовало включения в состав этих систем совокупности активных и пассивных оптических средств наблюдения и измерения.

Процесс подготовки и применения высокоточного оружия предусматривает, как и для всех других типов управляемого вооружения, реализацию трех этапов управления: управление пуском, управление полетом и управление подрывом. В части традиционного вида предпусковой подготовки – **выдачи целеуказания управляемому оружию** – ГОИ проводит:

1) разработку методов и средств автоматического распознавания заданных воздушных и наземных целей в реальном времени по изображениям бортовых оптических средств самолета 5-го поколения;

2) разработку малогабаритных лазерных дальномерных каналов для системы управления вооружением танка Т-95 и бортового комплекса обороны самолета 5-го поколения, работоспособных в широком диапазоне температурных условий;

3) разработку оптических средств предпусковой подготовки для РКСН.

Для обеспечения скрытного обмена данными между элементами РКСН при предпусковой подготовке в ГОИ разработана оригинальная система многосторонней оптической связи на основе использования рассеянного в атмосфере лазерного излучения ультрафиолетового диапазона длин волн (рис. 3) [3].

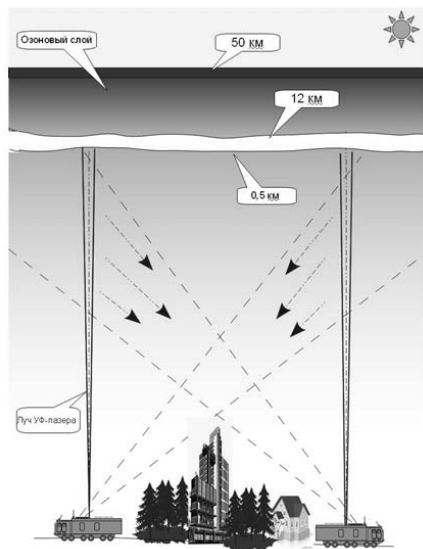


Рис. 3. Межаэргатная ближняя оптическая связь в рассеянном свете



Рис. 4. 16-разрядный специализированный преобразователь угол – код: срок службы 100 000 – 150 000 часов

В интересах развития средств обеспечения **управления полетом ВТО на участке автономного наведения** (маршрутной навигации) в ГОИ проводятся исследования и разработки по созданию:

1) оптических систем формирования и обработки стереоскопических изображений земной поверхности;

2) цветных тепловизионных датчиков изображений местности [4];

3) высокоточных оптико-электронных датчиков углов для аппаратов системы ГЛОНАСС (рис. 4).

**Системы высокоточного самонаведения** представлены в разработках ГОИ прошлых лет серийными инфракрасными ГСН для ПЗРК, серийными

лазерными полуактивными ГСН для УРС, а также экспериментальными ГСН «Пика» и «Копье» для средств ПРО. Опыт работы над последними из перечисленных ГСН в настоящее время оказался востребованным и получает развитие при проведении работ по созданию нового поколения оптико-электронных и комбинированных радиолокационно-оптических ГСН для перспективных комплексов ПРО.

Важными, сопутствующими разработкам оптических ГСН, являются направления работ ГОИ последних лет, ориентированные:

- ◆ на обеспечение защиты оптических каналов от поражения мощным лазерным излучением и СИЯВ с помощью специальных покрытий (рис. 5,а и 5,б соответственно);
- ◆ на повышение механической прочности и прозрачности обтекателей оптических ГСН путем наноструктурирования поверхности обтекателей [5].

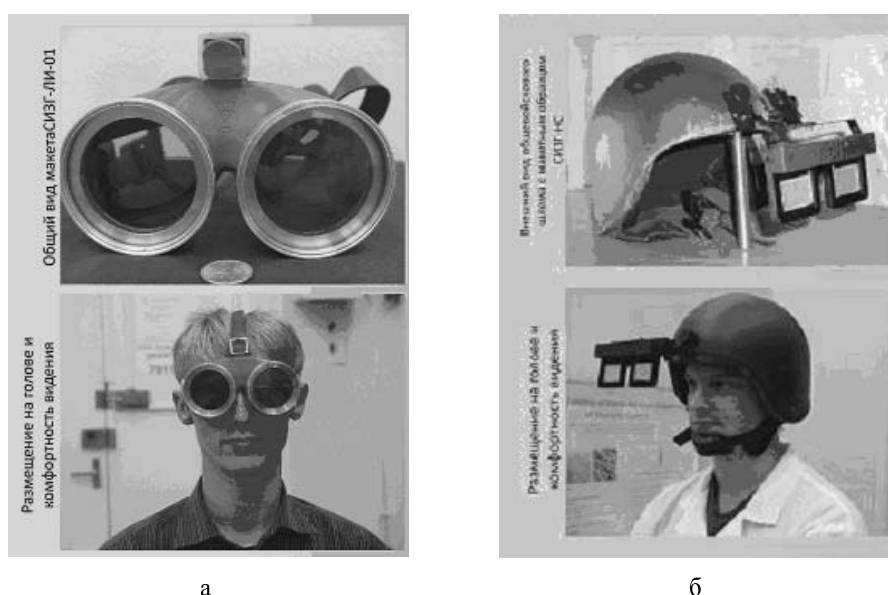


Рис. 5. Защитные очки от: а – лазерного излучения; б – мощного широкополосного непрерывного светового излучения

Перспективным направлением повышения эффективности самонаведения с помощью оптических ГСН в комплексах ПРО является использование лазерного подсвета целей, в том числе – с помощью ЛКВБ.

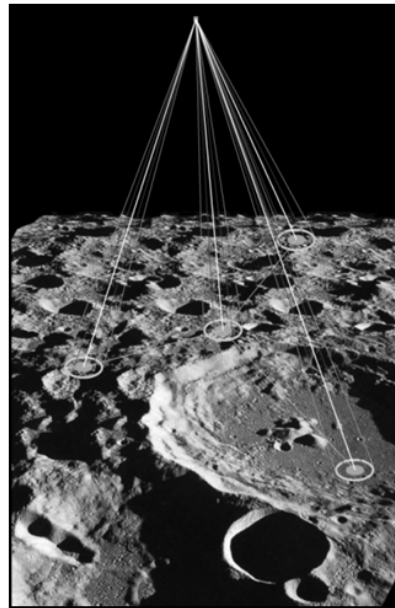
Для обеспечения **неконтактного подрыва** БС в ГОИ ведутся работы по созданию высокоточного лазерного взрывателя, обеспечивающего прецизионное измерение дальности до объекта в процессе сближения.

Для решения проблемы снижения заметности ВТО, а также реализации защиты ВВТ от ВТО представляют интерес ведущиеся в ГОИ работы в области исследований метаматериалов.

Создание метаматериалов с отрицательным показателем преломления открыло широкие возможности управления электронными свойствами сред и, на этой основе, реализации невидимых оболочек, скрывающих объекты от наблюдения в широкой области частот, в том числе – инфракрасной.



*Рис. 6,а. Лазерный  
высотомер-вертиконт (ЛВ-В)*



*Рис. 6,б. Ход лазерных лучей  
ЛВ-В*

В качестве примера **продукции двойного назначения** может служить разработанный и изготовленный в ГОИ опытный образец многолучевого лазерного высотомера-вертиканта для космического аппарата, создаваемый в рамках научного проекта «Фобос-Грунт», для получения информации о рельефе местности в процессе автоматической посадки на спутник Марса (рис. 6,а и 6,б). Эта разработка может послужить основой для создания систем автоматической внеаэродромной посадки беспилотных летательных аппаратов военного назначения.

В интересах **обеспечения правопорядка и общественной безопасности** целесообразно использование разработанных специалистами ГОИ быстродействующих средств защиты от излучения бытовых («дискотечных» и пр.) лазеров, а также – в перспективе – результатов ведущихся работ по теравидению и теплотеравидению.

Для **предупреждения чрезвычайных ситуаций** могут найти практическое применение разрабатываемые в ГОИ:

1) быстродействующий прецизионный магнитометрический комплекс, включающий квантовый модульный магнитометр на оптической накачке паров калия (рис. 7) и квантовый векторный вариометр на оптической накачке паров цезия, и позволяющий на основе мониторинга магнитного поля Земли надежно прогнозировать сейсмические явления;

2) комбинированные Фурье-спектрометры-лидары, позволяющие регистрировать и анализировать начальные фазы вредных выбросов, утечек и повреждений;

3) мощные (1 МВт...1ГВт) фуллерен-кислород-йодные лазеры, которые могут обеспечить подавление катастрофических тайфунов на этапе зарождения.

Наконец, при **ликвидации последствий стихийных бедствий и катастроф** возможна реализация оперативного энергоснабжения пострадавших регионов с помощью энергетической лазерно-оптической системы космического базирования на основе фуллерен-кислород-йодного лазера, в которой солнечная

энергия преобразуется в лазерный луч, передается на наземную станцию и преобразуется в электроэнергию (рис. 8).

В заключение необходимо отметить, что в настоящее время ГОИ включен в состав ОАО НПК «Оптические системы и технологии», предприятия которой имеют развитую современную технологическую и производственную базу. Это позволяет в кратчайшие сроки реализовать серийное производство систем, комплексов и приборов нового поколения, разработанных и доведенных до экспериментальных образцов в стенах ГОИ.



Рис. 7. Калиевый Мх-магнитометр с оптической накачкой, обладающий вариационной чувствительностью  $0,0005 \text{ нТл} \cdot \text{с}^{1/2}$  и воспроизводимостью не хуже  $\pm 0,02 \text{ нТл}$  в диапазоне полей от 15 000 до 100 000 нТл

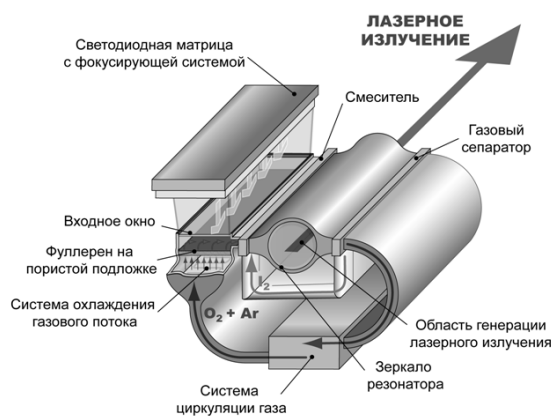


Рис. 8. Фуллерен-кислород-йодный лазер

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мирошников М.М., Мирзоева Л.А., Захаренков В.Ф., Маковцов Г.А., Раковский Ю.Н., Стариченкова В.Д. Целенаправленные фундаментальные исследования в Государственном оптическом институте. – СПб.: ГУАП, 2009. Ч. IV. – С. 53-68.
2. Горбунов Г.Г., Демин А.В., Никифоров В.О., Савицкий А.М., Скворцов Ю.С., Сокольский М.Н., Трегуб В.П. Гиперспектральная аппаратура для дистанционного зондирования Земли. Оптический журнал. – Т. 76. – № 10. – С. 75-82.
3. Яковлев В.А. Прямые и обратные задачи в гидрооптике. – СПб.: РГГМУ, 2004. –127 с.

4. Поварков В.И., Самков В.М., Соловьев В.И. К вопросу о создании цветного тепловизора. Юбилейная научно-практическая конференция ХК «Ленинец» «Перспективные многофункциональные электронные комплексы в интересах развития В и ВСТ», 2001.
5. Каманина Н.В., Богданов К.Ю., Васильев П.Я., Студенов В.И. Повышение поверхностной механической прочности «мягких» материалов УФ и ИК диапазонов спектра и увеличение их спектра пропускания: модельная система MgF<sub>2</sub>-нанотрубки. Оптический журнал. – 2010. – Т. 77. – № 2.

**Тупиков Владимир Алексеевич**  
ФГУП «НПК «ГОИ им. С.И. Вавилова».  
199034, Санкт-Петербург, Биржевая линия, 12.  
E-mail: Leader@soi.spb.ru.  
Тел.: 88123284892.

**Tupikov Vladimir Alekseevich**  
«S.I. Vavilov State Optical Institute».  
12, Birzhevaya line, St. Petersburg, 199034, Russia.  
E-mail: Leader@soi.spb.ru.  
Phone: 88123284892.

УДК 629.05

**Н.Ш. Хусайнов, В.В. Щербинин, П.П. Кравченко, А.Б. Шаповалов**

**АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ ОШИБКИ НАВИГАЦИИ И НАВЕДЕНИЯ  
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО ДЛЯ КОРРЕКЦИИ  
ДВИЖЕНИЯ АВТОНОМНУЮ СИСТЕМУ БЛИЖНЕЙ  
РАДИОНАВИГАЦИИ**

*В работе рассматриваются вопросы оценки влияния составляющих ошибок навигации и наведения беспилотных летательных аппаратов с баллистической траекторией полета, использующих для коррекции движения автономную систему ближней радионавигации, на рассеивание координат точки приземления. Приводятся результаты математического моделирования. Сформулированы рекомендации по выбору параметров системы коррекции, обеспечивающих уменьшение рассеивания ЛА.*

*Автономная система ближней радионавигации; составляющие ошибки рассеивания; ошибка местоопределения; математическое моделирование.*

**N.Sh. Khusainov, V.V. Scherbinin, P.P. Kravchenko, A.B. Shapovalov**

**ANALYSIS OF NAVIGATION AND GUIDANCE ERROR COMPONENTS  
OF AIRBONE VEHICLE'S USING FOR MOTION CORRECTION  
AUTONOMOUS LOCAL RADIO NAVIGATION SYSTEM.**

*Impact of component to result guidance dispersion for perspective high-speed unmanned vehicle is described. Simulation results are discussed. Recommendations for coordinate correction mode aiming to guidance dispersion reduction are given.*

*Autonomous local radio navigation; parts of guidance dispersion; positioning error; mathematical modelling.*

**Введение.** В настоящее время все большую актуальность приобретают вопросы разработки высокоточных систем навигации для управления и наведения перспективных высокоскоростных беспилотных летательных аппаратов (ЛА) с баллистической траекторией полета. Оценкой точности в данном случае является размер области рассеивания точки приземления ЛА в заданной (на земной поверхности) точке.