

Таблица 1 – Результаты элементного анализа волос

№	Химический элемент	Допустимые значения (мужчина), мг/г [1]	Результат, мг/г (среднее по длине пряди ± погрешность, P = 0,95)
1	Ag (серебро)	0,02–4,0	0,040 ± 0,007
2	Al (алюминий)	0,5–25	4,6 ± 1,6
3	Ba (барий)	0,1–6,0	2,8 ± 0,7
4	B (бор)	0,1–3,5	2,4 ± 0,7
5	Be (бериллий)	0,005–0,1	0,037 ± 0,007
6	Ca (кальций)	300–1200	807 ± 210
7	Cr (хром)	0,2–2,0	0,52 ± 0,19
8	Cu (медь)	7,5–50	50 ± 8
9	Fe (железо)	10–30	17 ± 5
10	F (фтор)	10–100	11 ± 2
11	K (калий)	40–250	365 ± 66
12	Mg (магний)	25–130	60 ± 11
13	Mn (марганец)	0,2–2,0	0,85 ± 0,24
14	Mo (молибден)	0,02–2,0	< 0,1 –
15	Li (литий)	0,01–0,25	0,16 ± 0,03
16	Na (натрий)	50–600	158 ± 24
17	Ni (никель)	0,1–1,0	0,35 ± 0,15
18	P (фосфор)	100–200	108 ± 32
19	Pb (свинец)	0,05–5,0	< 3 –
20	Rb (рубий)	0,1–2,0	0,55 ± 0,10
21	Si (кремний)	10–70	158 ± 41
22	Sn (олово)	до 2,0	0,20 ± 0,05
23	Sr (стронций)	0,2–10	3,3 ± 0,8
24	Ti (титан)	0,1–4,0	1,4 ± 0,3
25	Y (итрий)	нет данных	< 1 –
26	Zn (цинк)	100–300	133 ± 21

Результаты исследования представлены в таблице. Полученные результаты, в совокупности с данными других исследований, позволят лечащему врачу дать рекомендации по корректирующему лечению и диете для поддержания здоровья пациента.

Далее планируется доработка математических моделей обработки полученных результа-

тов, а также увеличение числа анализируемых элементов.

#### Литература

2. Barrett, S. Commercial hair analysis: Science or scam. J Am. Med. Assoc. 1985, 254:1041–1045.

1. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии человека. М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. – 216 с.

УДК 528.716

### МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ВАРИАНТ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ ВИДЕОСПЕКТРАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ «СОВА-2-426»

Голубев Ю.В.<sup>1</sup>, Щербаков Н.Г.<sup>1</sup>, Ломако А.А.<sup>1</sup>, Хомищев А.Д.<sup>1</sup>, Беляев М.Ю.<sup>2</sup>, Сармин Э.Э.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева  
Королев, Московская область, Российская Федерация

В рамках космического эксперимента (КЭ) по исследованию оптических характеристик Земли «Ураган» на борту Международной космической станции (МКС) используются различные приборы наблюдения, включающие фото- и видеоспектральную аппаратуру, наводимую на исследуемые объекты экипажем вручную через иллюминаторы. Однако на планирование таких экспериментов налагаются сильные ограничения, прежде всего связанные с необходимостью учета

распорядка дня экипажа и наличия у него времени, выделенного на проведение научных экспериментов. Решением, позволяющим расширить возможности по исследованию наземных объектов, является использование специальных автоматизированных платформ наведения (ПН).

По контракту с ПАО РКК «Энергия» НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ начал разработку автоматизированной системы ориентации видеоспектральной аппаратуры (СОВА) [1]. Си-

стема предназначена для автоматизации процесса измерений оптических характеристик подстилающих поверхностей при выполнении мониторинга земной поверхности в ходе проведения научно-прикладных исследований в КЭ «Ураган», а также должна обеспечивать установку на иллюминаторы служебного модуля (СМ) и многоцелевого лабораторного модуля (МЛМ) Российского сегмента (РС) МКС различной аппаратуры видео-, фото- и спектральной съемки для автоматического наведения и съемки по заданной программе космонавта или без его участия.

Для установки на РС МКС предусмотрено несколько модификаций аппаратуры СОВА.

ПН СОВА 426 устанавливается на иллюминатор диаметром 426 мм как СМ РС МКС, так и МЛМ РС МКС и обеспечивает возможность наведения съемочной аппаратуры по двум взаимно перпендикулярным осям с углами отклонения не менее  $\pm 30^\circ$ .

В настоящее время первый вариант СОВА-1-426 функционирует на борту МКС и позволяет производить съемку с использованием фотоаппаратуры и научной аппаратуры (НА) видеоспектральной системы (ВСС) без участия оператора с прогнозированием времени съемки на сутки вперед.

В данной работе рассматривается модифицированный вариант СОВА-2-426 (рисунок 1), включающий в себя ПН-2-426, блок электроники (БЭ) СОВА и основание для крепления ПН к иллюминатору.

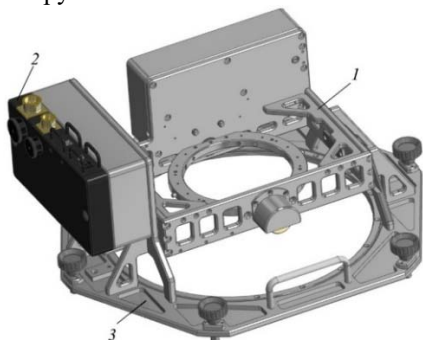


Рисунок 1 – СОВА-2-426:

1 – ПН-2-426; 2 – БЭ СОВА; 3 – основание для крепления ПН к иллюминатору

Основными элементами ПН-2-426 являются: основание с невыпадающими винтами крепления к иллюминатору диаметром 426 мм СМ или МЛМ РС МКС, два электромеханических привода, обеспечивающих поворот кольца ПН в двух взаимно перпендикулярных направлениях, два соосно установленных с осями механизмов приводов энкодера, обеспечивающих считывание углов поворота, четыре концевых выключателя, отключающих питание актуаторов (электромеханических приводов) в случае неподви-

денных поворотов системы сканирования на углы, превышающие  $30^\circ$ .

ПН СОВА-2-426 обеспечивает:

- Установку на иллюминатор МЛМ РС МКС съемочной аппаратуры: фотокамеры типа *Nikon*, видеоспектральной системы ВСС и др.;
  - Возможность наведения по двум взаимно перпендикулярным осям с углами отклонения не менее  $\pm 30^\circ$ ;
  - Точность наведения не более  $0,2^\circ$ .
- БЭ (рисунок 2) представляет собой металлический корпус 1 с винтами 2 крепления к ПН, экраном 3 для защиты от электромагнитных помех и расположенной внутри корпуса печатной платой 4, выполняющей функции:

- Контроллера управления системами наведения ПН;
- Контроллера датчиков положения углов отклонения ПН;
- Блока питания двигателей систем сканирования ПН;
- Блока питания контроллеров.

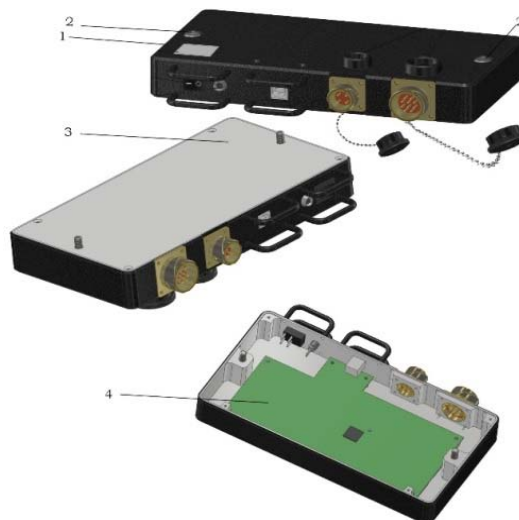


Рисунок 2 – БЭ СОВА:

1 – корпус; 2 – винты крепления к ПН; 3 – экран; 4 – печатная плата

БЭ СОВА во взаимодействии с управляющим компьютером (УК) обеспечивает:

- Управление работой СОВА-2-426 с помощью специального программного обеспечения (СПО);
- Точность наведения полей визирования установленной аппаратуры не более  $0,2^\circ$ ;
- Управление съемочной аппаратурой по интерфейсу *USB 2.0*;
- Управление приводами и получение информации с датчиков углов поворота;
- Формирование питающих напряжений от бортовой сети для систем сканирования ПН-2-426;

– Гальваническую развязку цепей питания контроллеров БЭ СОВА и приводов от бортового питания от 23 до 29 В.

СОВА-2-426 с установленной съемочной аппаратурой – фотоаппаратом *Nikon* (а), НА ВСС (б) и объективом *Nikon AF-S* (в) изображена на рисунке 3.

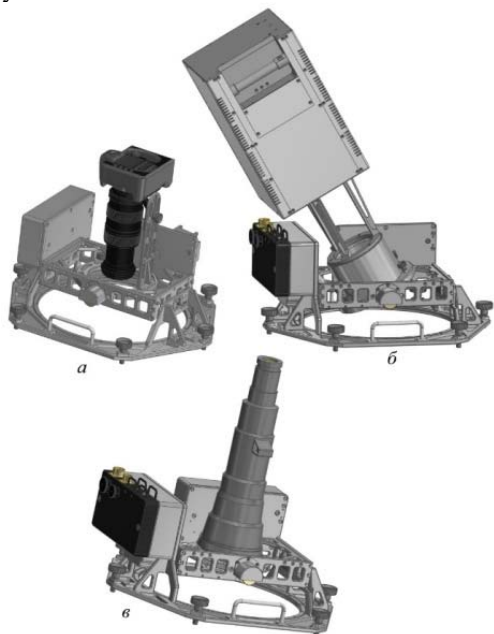


Рисунок 3 – СОВА-2-426 со съемочной НА:  
а – с фотоаппаратом *Nikon*; б – с НА ВСС;  
в – с объективом *Nikon AF-S*

УК предназначен для управления работой СОВА-2-426 с помощью СПО и обеспечивает выход из спящего режима фотоаппаратуры, установленной на ПН-2-426, подачей команды на контроллер управления ПН-2-426 по интерфейсу *USB 2.0* по заданному временному алгоритму с точностью не ниже 1 с и обработку приводами углов наведения по командам оператора или по заранее установленной программе наведения. В качестве УК используются бортовые лэптопы, входящие в информационно-управляющую систему (ИУС) СМ, с предустановленным СПО ПН СОВА.

СПО предназначено для управления и контроля СОВА-2-426. Выполняет расчет времени пролета над объектом исследования (с учетом допустимых углов съемки) и параметров наведения на объект в реальном времени; учитывает нахождение станции над дневной/ночной стороной; обеспечивает одновременную работу с несколькими объектами, ручной ввод географических координат объекта, автоматическое включение и наведение НА, сохранение/загрузку объектов на жесткий диск.

#### Литература

1. *Беляев Б.И.* Система автоматической ориентации научной аппаратуры в эксперименте «Ураган» на Международной космической станции / Беляев М.Ю., Боровихин П.А., Голубев Ю.В., Ломако А.А., Рязанцев В.В., Сармин Э.Э., Сосенко В.А. // Космическая техника и технологии. – 2018. – № 4(23). – С. 70–80.

УДК 621.373.826

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА Nd:YAG

Ватутина В.Е.<sup>1</sup>, Кисель В.Э.<sup>2</sup>, Орехов К.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Пеленг»

Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>НИЦ Оптических материалов и технологий БНТУ

Минск, Республика Беларусь

На сегодняшний день широко распространено применение твердотельных лазеров в системах измерения дальности. В случае применения излучателя в составе дальномера на борту средних и крупных беспилотных летающих аппаратов, помимо габаритов и выходных пространственных и энергетических параметров, одной из основных характеристик является его способность функционировать в условиях постоянного воздействия вибраций и в широком диапазоне изменяющихся температур.

В статье рассмотрено моделирование лазерного излучателя на основе кристалла Nd:YAG для систем измерения дальности с длиной волны излучения 1 064 нм, энергией выходного излучения не менее 100 мДж и расходимостью не более 1,5 миллирадиан, работающего в режиме моду-

ляции добротности в температурном диапазоне – 40 °С–+50 °С с частотой 5 Гц с минимальными габаритами. Были описаны расчеты выходной энергии лазерного излучателя, профиля поглощения излучения, а также была проведена оценка поляризационных потерь в резонаторе и расходимости излучения.

Для снижения негативного воздействия окружающей среды приводящего к смещению взаимного положения лазерных оптических компонентов возможно применение ряда конфигураций резонатора, например на основе призм Порро, [1], а также резонаторов неустойчивой области с GRM-зеркалами [2].

В статье рассмотрен резонатор, аналогичный представленному в [3], эквивалентный плоскому, состоящий из полупрозрачного выходного и глу-