

УДК 629.785

**ПРИНЦИПЫ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СОЗДАНИЯ
АСТРОНОМИЧЕСКОГО КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ОБНАРУЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ
ОПАСНЫХ ДЛЯ ЗЕМЛИ АСТЕРОИДОВ И КОМЕТ
(КОМПЛЕКС «НЕБОСВОД»)**

*Кулешов Ю. П.¹, Егоров В. Л.², Мисник В. П.³, Яковенко Ю. П.⁴,
Рыхлова Л. В.⁵, Шугаров А. С.⁶, Шустов Б. М.⁷, Захаров А. И.⁸,
Проخورов М. Е.⁹, Богачев А. В.¹⁰, Николаев С. Л.¹¹,
Орловский И. В.¹², Платонов В. Н.¹³*

PRINCIPLES AND BASIC DESIGN SOLUTIONS TO BUILD AN ASTRONOMICAL SPACE COMPLEX
FOR DETECTION AND DETERMINATION OF MOTION PARAMETERS OF ASTEROIDS AND COMETS
DANGEROUS TO THE EARTH ('NEBOSVOD' COMPLEX)

Kuleshov Y. P., Egorov V. L., Misnik V. P., Yakovenko Y. P., Rykhlova L. V., Shustov B. M., Shugarov A. S.,
Zakharov A. I., Prokhorov M. E., Bogachyov A. V., Nikolayev S. L., Orlovskiy I. V., Platonov V. N.

Presented are the results of development of an astronomical space complex, whose objective is to promptly detect and determine the motion parameters of heavenly bodies dangerous to the Earth. The complex scans the celestial sphere within 1.2 to 4.2 days and detects the heavenly bodies with the size of 50 to 100 meters or more that approach the Earth with a limiting velocity. Shown is the possibility of using the complex to solve the problem of asteroid and comet hazard, the scientific problems, and monitor man-made space objects in the region of geostationary orbits.

Keywords: celestial sphere scanning, dangerous heavenly body, collision with the Earth, space complex, spacecraft, surveillance equipment, telescope, detection range, star magnitude, scanning.

¹Кулешов Юрий Павлович, советник ОАО «Корпорации "Комета"»; e-mail: yrkulesh@yandex.ru.

²Егоров Владимир Леонидович, д-р техн. наук, старший научный сотрудник; e-mail: vegorov@yandex.ru.

³Мисник Виктор Порфирьевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой космических информационных системы Московского физико-технического института, генеральный директор, генеральный конструктор ОАО «Корпорации "Комета"»; e-mail: info@corpkometa.ru.

⁴Яковенко Юрий Павлович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник ОАО «Корпорации "Комета"»; e-mail: info@corpkometa.ru.

⁵Рыхлова Лидия Васильевна, д-р физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН; e-mail: rykhlova@inasan.ru.

⁶Шугаров Андрей Сергеевич, младший научный сотрудник Института астрономии РАН; e-mail: shugarov@inasan.ru.

⁷Шустов Борис Михайлович, д-р техн. наук, член-корр. РАН, директор Института астрономии РАН; e-mail: bshustov@inasan.ru.

⁸Захаров Андрей Игоревич, научный сотрудник Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга Московского государственного университета; e-mail: zakh@sai.msu.ru.

⁹Проخورов Михаил Евгеньевич, д-р техн. наук, заведующий лабораторией Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга Московского государственного университета; e-mail: mike.prokhorov@gmail.com.

¹⁰Богачев Алексей Викторович, начальник сектора ОАО «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С. П. Королева»; e-mail: post@rsce.ru.

¹¹Николаев Сергей Львович, заместитель генерального конструктора ОАО «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С. П. Королева»; e-mail: post@rsce.ru.

¹²Орловский Игорь Владимирович, заместитель руководителя научно-технического центра, начальник отделения ОАО «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С. П. Королева»; e-mail: post@rsce.ru.

¹³Платонов Валерий Николаевич, д-р техн. наук, профессор кафедры управления движением Московского физико-технического института, начальник отдела, заместитель начальника отделения ОАО «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С. П. Королева»; e-mail: post@rsce.ru.

Разработчики комплекса «Небосвод» поставили перед собой задачу создать космический комплекс, способный оперативно обнаруживать опасные небесные тела (ОНТ) размером 50–100 м и более для выдачи сигналов космическим системам противодействия или в МЧС для принятия мер по снижению ущерба от столкновения [1].

Небесные тела размером 50–100 м способны при столкновении с Землёй вызвать локальную катастрофу, размером 200–500 м — региональную, а размером более 1 км — глобальную катастрофу [2].

Требования к космическому комплексу были сформулированы в наиболее жестком варианте. Было принято, что сигнал тревоги необходимо выдать не менее чем за 25–30 сут. и получить необходимую информацию о параметрах движения ОНТ не менее чем за 15–20 сут. до возможного катастрофического события.

Для этого необходимо создать космический комплекс, обеспечивающий оперативный поиск ОНТ по всему небосводу с циклом однократного обзора за 2–3 сут. Сложность выполнения этой задачи заключается в необходимости обнаруживать ОНТ с очень слабым излучением.

При определении необходимой дальности обнаружения ОНТ при заданном времени до столкновения 1 месяц учитывалось, что максимальная скорость ОНТ, принадлежащего Солнечной системе, движущегося по параболической траектории, равна 42 км/с, орбитальная скорость Земли — 30 км/с и максимальная скорость их сближения при встречном движении составляет 72 км/с.

При скорости 72 км/с и времени до столкновения 1 мес. дальность обнаружения равна ~1,2 а.е., а звёздная величина ОНТ размером 100 м с альбедо 0,2 составляет 23^m – 25^m .

После обнаружения ОНТ первый сигнал о прогнозируемой угрозе должен быть выработан за максимально короткое время.

Тела размером более 200 м на большей части неба будут наблюдаться более чем за 2 мес. до столкновения с Землёй, а тела километрового и большего размеров гарантированно будут обнаруживаться более чем за 12 мес. до столкновения.

При относительных скоростях сближения меньше 72 км/с время от обнаружения ОНТ до его столкновения с Землёй соответственно увеличивается.

Анализ различных вариантов построения аппаратуры наблюдения показал, что в ближайшее время целесообразно использовать сканирующие телескопы с приёмниками в видимом диапазоне с применением матричных приборов с зарядовой связью (МПЗС) с обратной засветкой и использованием метода временной задержки и накопления (ВЗН). В фокальной плоскости каждого телескопа размещена прямоугольная мозаика МПЗС, образующая столбцы МПЗС в направлении сканирования и строки МПЗС в перпендикулярном направлении. В приборах с обратной засветкой регистрируемый свет попадает со стороны, противоположной электродам. Эти приборы имеют тонкие фоточувствительные элементы толщиной 15–30 мкм против 300–500 мкм у МПЗС с прямой засветкой.

Причины для такого выбора следующие:

- МПЗС с обратной засветкой позволяют нанести на фоточувствительную поверхность кремния просветляющее покрытие и тем самым увеличить квантовую эффективность прибора с 55% до 95%, что эквивалентно увеличению диаметра телескопа на 30%;

- МПЗС с обратной засветкой имеют существенно меньшую неоднородность чувствительности внутри пикселя, что позволяет определять относительные координаты объекта с погрешностями порядка сотых долей пикселя.

Последнее преимущество практически нельзя реализовать на Земле из-за атмосферных дрожаний изображения. Однако в условиях космоса это преимущество становится решающим.

При выборе формата МПЗС следует учитывать, что при увеличении размера пикселя МПЗС растёт и отношение сигнала фона неба к сигналу от слабого объекта, однако размер пикселя не должен быть меньше половины дифракционного диаметра звезды ($0,08''$ для длины волны 0,5 мкм при апертуре телескопа 1,5 м).

Выбран следующий формат МПЗС: размер пикселя 12×12 мкм, формат 2048×2048 пикселей. В качестве прототипа взят МПЗС фирмы e2v technologies ltd.

Рассмотрены два варианта формата мозаики (число МПЗС в строке $\times$ число МПЗС в столбце): 20×20 шт. для телескопа с полем зрения $4,4^\circ$ в варианте 1 и 20×10 шт. для телескопа с полем зрения $3,3^\circ$ в варианте 2.

На космическом аппарате устанавливаются два телескопа с состыкованными поля-

Таблица 1. Параметры телескопа комплекса «Небосвод»

Параметр телескопа	Варианты мозаики	
	1	2
Апертура, мм	1500	
Фокусное расстояние, мм	10000	
Длина телескопа вдоль оси визирования, мм	≤ 5000	
Масса телескопа, кг	≤ 400	
Спектральный диапазон, нм	350–900	
Относительное виньетирование, %	≤ 20	
Диаметр изображения звезды (80% света), мкм	$16 < \varnothing_{80} < 20$	
Формат мозаики МПЗС, шт	20×20	20×10
Формат МПЗС, пикселей	2048×2048	
Размер пикселя, мкм	12×12	
Линейные размеры мозаики МПЗС, мм	496,5×586,5	496,5×290,8
Угловые размеры мозаики МПЗС, град	2,84×3,37	2,84×1,68
Исправленное поле зрения 2ω , град	$\geq 4,4$	$\geq 3,3$
Дисторсия по полю зрения, %	$\leq 0,49$	$\leq 0,61$

ми зрения, обеспечивающими ширину полосы сканирования $\sim 6^\circ$. Параметры каждого телескопа приведены в табл. 1.

Схема телескопа — трёхзеркальная, материал зеркал и элементов конструкции — карбид кремния. Такой телескоп удовлетворяет требованиям по габаритам, массе и температурной стабильности, а при дальнейшей модернизации и совершенствовании комплекса даёт возможность без коренной переработки конструкции оснастить телескоп матрицей инфракрасного диапазона, что значительно повысит дальность обнаружения опасных небесных тел.

Окончательный выбор схемы и конструкции телескопов предстоит сделать на последующих этапах работ.

Для сканирования неба применён режим работы МПЗС с временной задержкой и накоплением (ВЗН). В этом режиме перенос заряда вдоль столбцов МПЗС синхронизован с перемещением изображения, поэтому электронное изображение не смазывается. Этот режим имеет несколько преимуществ по сравнению с кадровым режимом работы:

- экспозиция изображения и чтение МПЗС происходят одновременно, что позволяет быстрее производить обзор неба;

- вариации чувствительности и темнового тока усредняются вдоль столбца МПЗС, следовательно, упрощается обработка изображения;

- уменьшается темновой ток МПЗС, что увеличивает отношение сигнала к шуму для

слабых объектов, а также позволяет вести наблюдения при длительных экспозициях;

- стабильный режим работы фотоприёмника.

В комплексе «Небосвод» реализуется способ сканирования по участкам больших кругов на небесной сфере.

Такой выбор траекторий сканирования позволяет минимизировать смаз изображений неба и увеличить отношение сигнала к шуму, что, в свою очередь, приводит к повышению проникающей способности аппаратуры наблюдения. Только при сканировании по большим кругам скорости перемещения изображений небесных объектов по полю зрения различаются минимально и практически одинаковы даже в случае использования телескопов с достаточно широкими полями зрения.

В частных случаях при высокоточных астрометрических измерениях сканирование может осуществляться по полным большим кругам, где полнота круга позволяет замкнуть системы уравнений в одном скане.

Обзор всей небесной сферы, кроме околосолнечной области, производится по участкам размером $30^\circ \times 60^\circ$ и $30^\circ \times 30^\circ$. Эти участки образованы пятью полосами сканирования шириной $\sim 6^\circ$ с некоторым перекрытием. Средние линии полос сканирования проходят через Солнце. Радиус околосолнечной области принят равным 30° . Однако, в зависимости от конструкции защитной бленды телескопа он может быть сокращён до

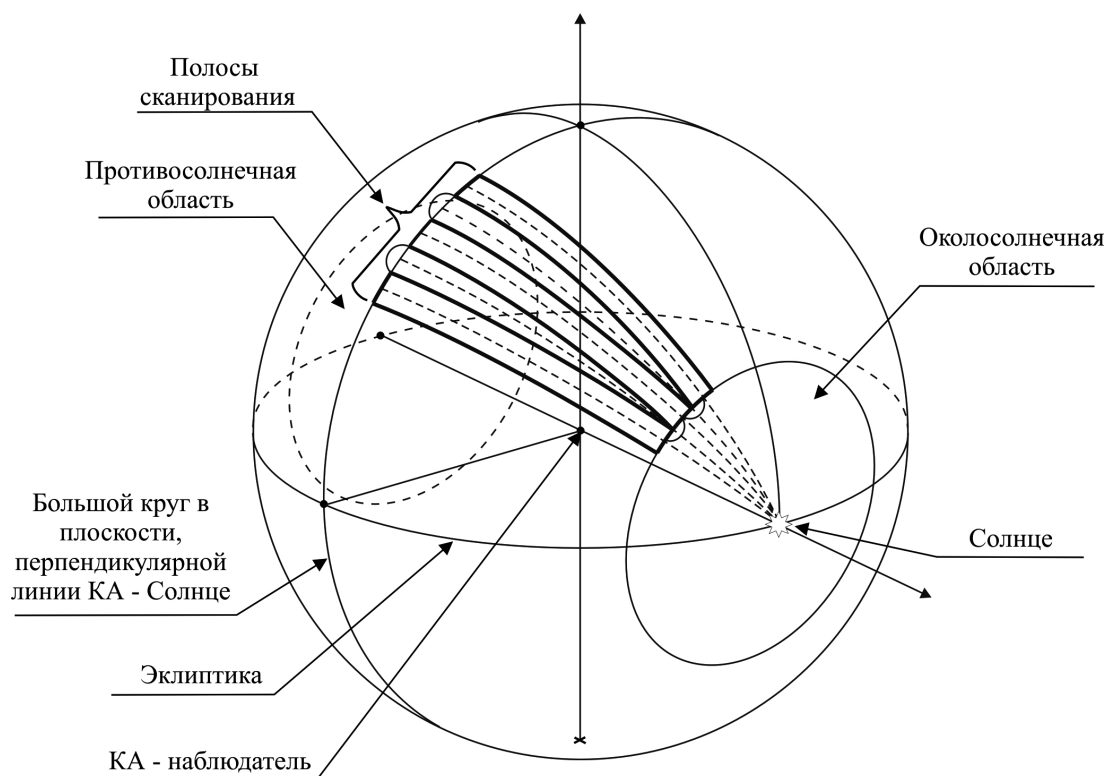


Рис. 1. Участок сканирования небесной сферы

$15^\circ \dots 20^\circ$. Участок размером $30^\circ \times 60^\circ$, состоящий из 5-ти полос сканирования, показан на рис. 1 (перекрытие соседних полос на рисунке не показано). Такими участками покрывается основная часть небесной сферы за исключением околосолнечной и противосолнечной областей.

Радиус противосолнечной области принят также равным 30° . Она покрывается такими же участками обзора, но средние линии образующих их полос проходят не через Солнце, что привело бы к большим перекрытиям полос, а через произвольно выбранную точку на большом круге в плоскости, перпендикулярной линии КА – Солнце.

Для реализации режима ВЗН при сканировании необходимо обеспечить перемещение каждого точечного объекта по одному и тому же столбцу элементов МПЗС. Это достигается тем, что система управления движением и навигации (СУДН) космического аппарата получает с частотой 10 Гц информацию о текущей угловой ориентации КА с точностью сотых долей угловой секунды от звёздных датчиков, сенсоры которых размещены в фокальной плоскости телескопов. Благодаря этому СУДН выполняет вращение вокруг оси Z космического аппарата, перпендикулярной

плоскости сканирования, и парирует возникающие угловые отклонения.

При сканировании удовлетворяются следующие требования:

- отклонение начального положения оси вращения Z_o от заданного номинального положения — не более $0,1^\circ$;
- максимальное текущее отклонение сканирующей оси X от начальной плоскости сканирования X_oY_o не более $0,06''$;
- максимальная погрешность задания начальной угловой скорости сканирования не должна превышать 10^{-4} град/с;
- отставание или опережение положения сканирующей оси X от её расчётного положения при задаваемой текущей угловой скорости вращения ω — не более $0,06''$.

Номинал углового положения оси вращения и номинал начальной угловой скорости сканирования перед началом каждого скана выдаются в СУДН из управляющей ЦВМ модуля целевой аппаратуры КА. В процессе сканирования угловую скорость вращения КА изменяют в зависимости от требуемой экспозиции для сканируемого участка неба.

Для принятого МПЗС оценено необходимое время экспозиции на разных участках небесной сферы. В этой оценке учитывался

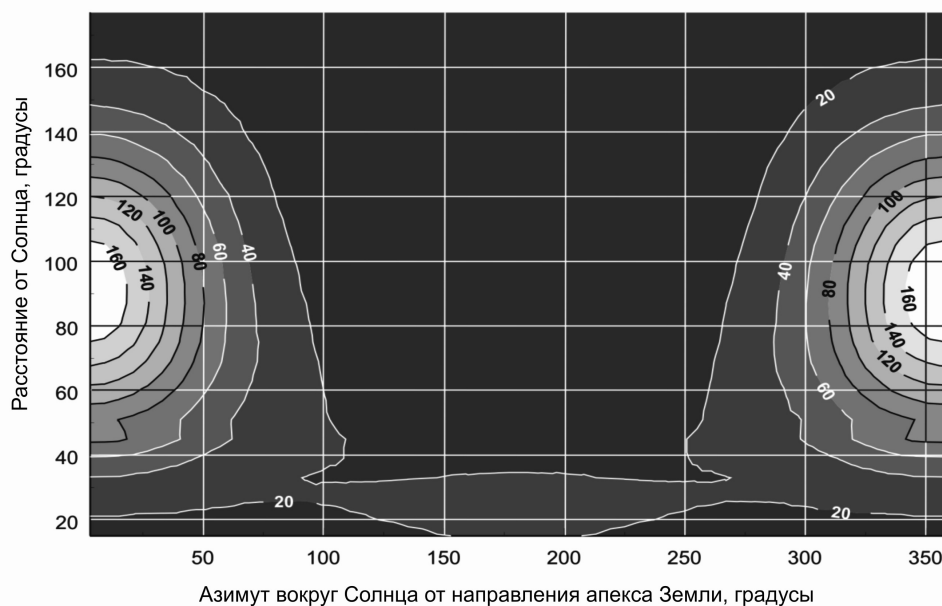


Рис. 2. Времена экспозиции, требуемые для обнаружения ОНТ (указаны в секундах на линиях в поле рисунка)

Таблица 2. Времена обзора небесной сферы комплексом «Небосвод»

Кол-во КА	Вариант мозаики МПЗС	
	1	2
1	2,4 суток	4,2 суток
2	1,2 суток	2,1 суток

как уровень фона в разных областях небесной сферы, порождаемый светом далеких звёзд, туманностей и галактик, так и зодиакальный свет. Определено, что тела, находящиеся в области зодиакального света на максимальном удалении (сближающиеся с Землёй в точке столкновения со скоростью 72 км/с) для обеспечения необходимого для обнаружения отношения сигнала к шуму, равного 13, требуют времени экспозиции 180 с. Общая площадь областей, требующих время экспозиции 180 с, эквивалентна шести участкам размером $30^\circ \times 30^\circ$. В остальной части небесной сферы времена экспозиции должны быть существенно меньше. На рис. 2, приведенном в [1], показаны времена, необходимые для надёжного обнаружения ОНТ размером 100 м с альбедо 0,2 за месяц до столкновения при отношении сигнал/шум, равном 13.

Для оценки времени однократного обзора всей небесной сферы (кроме околосолнечной области) принято, что на $\sim 10\%$ осматриваемой площади небесной сферы обзор производится с экспозицией 180 с, а на осталь-

ной площади — с меньшими экспозициями. Рассчитанные по этим данным времена однократного обзора небесной сферы комплексом «Небосвод» с одним и двумя космическими аппаратами приведены в табл. 2. Для варианта 2 мозаики с 10-ю матрицами в столбце мозаики времена экспозиции увеличиваются в два раза по сравнению с вариантом 1 с 20-ю матрицами в столбце.

Введение в состав комплекса «Небосвод» второго КА, имеющего постоянную прямую связь с наземным пунктом управления на Дальнем Востоке, позволяет либо уменьшить вдвое время однократного обзора небесной сферы, либо, при одновременном наблюдении вместе с первым аппаратом одних и тех же участков небесной сферы, уменьшить время и повысить точность измерения параметров движения обнаруживаемых небесных тел за счёт наблюдаемого параллактического смещения. Кроме того, введение второго КА в состав комплекса безусловно увеличивает надёжность обнаружения опасных для Земли небесных тел.

При выборе орбитального построения комплекса «Небосвод» разработчики комплекса поставили перед собой задачу обеспечить постоянную и надёжную прямую связь с пунктами управления и приёма и обработки информации и выполнить условие максимально использовать имеющиеся готовые средства. Сегодня системы, создаваемые корпорацией «Комета», имеют возможность установить космические аппараты на геостационарные или близкие к ним геосинхронные орбиты с управлением ими из районов Подмосковья и Дальнего Востока.

Поскольку установка космических аппаратов на геостационарные орбиты требует международного согласования, для космических аппаратов комплекса были выбраны геосинхронные орбиты с начальными параметрами: период обращения $P = 86164$ с, начальное наклонение $i = 11^\circ \dots 12^\circ$, географическая долгота восходящего узла $\Omega \approx 35^\circ$ (для КА — 1), $\Omega \approx 135^\circ$ (для КА — 2), высота перигея $h_\pi = 34\,000$ км, аргумент перигея $\omega_\pi = 0$.

При пересечении космическими аппаратами комплекса «Небосвод» плоскости экватора минимальное расстояние между ними и космическими аппаратами, стоящими на геостационарной орбите, составляет по высоте $\Delta h = \pm 1\,793$ км, что исключает их столкновение.

Предложенный программный комплекс обработки информации, являющийся сложным заказным продуктом, состоит из двух компонент: бортового программного комплекса обнаружения объектов и измерения их характеристик и наземного программного комплекса идентификации и каталогизации объектов.

Спецвычислитель, реализующий бортовой программный комплекс, выполняет:

- калибровку параметров МПЗС;
- выделение и отсеивание отсчетов с недостоверной информацией (дефектные столбцы матриц, засветки от одиночных ядерных частиц и др.);
- определение траекторий обнаруженных небесных тел;
- формирование и сжатие массивов сообщений.

При сканировании областей неба с плотными полями звёзд (плоскость Галактики, скопления звёзд), объём поступающей информации превышает возможности применяемой штатной радиолнии, имеющей ско-

рость передачи 15 Мбит/с. Это потребовало включить в состав бортовой аппаратуры буферное ЗУ с объёмом 54 ГБ с темпом записи до 4,5 ГБ/с и спецвычислитель с быстродействием $1,5 \cdot 10^{10}$ двадцатиразрядных операций в секунду.

В бортовом спецвычислителе для схем обработки информации используется специально разработанная отечественная компонентная база в бескорпусном исполнении, а для буферного ЗУ коммерческие модули FLASH с требуемым резервированием на 10 лет службы.

Информация бортового программного комплекса формируется в буфере и передается по радиолнии на наземные пункты управления, приёма и обработки информации, на которых она обрабатывается и передается в Информационно-аналитический центр Российской системы противодействия космическим угрозам (ИАЦ РСПКУ).

В ИАЦ РСПКУ основными операциями являются:

- планирование работы, получение, обработка и анализ данных об опасных небесных телах и космическом мусоре;
- ведение каталогов небесных тел;
- надёжное определение вероятности конкретных столкновений;
- оценка последствий конкретных столкновений;
- выработка оценки степени риска;
- выработка предложений по парированию угрозы и оповещение органов федеральной власти о степени угроз астероидно-кометной опасности;
- выработка предложений о применении средств противодействия космическим угрозам;
- взаимодействие с ведомствами и организациями (включая международные) по вопросам анализа и мер противодействия космическим угрозам в определенной сфере компетенций.

Комплекс «Небосвод», предназначенный для наблюдения дальнего космического пространства с целью своевременного предупреждения о возможной астероидно-кометной угрозе, может быть использован также для наблюдения космических объектов (КО) — космических аппаратов и крупных элементов космического мусора (ЭКМ) в околоземном космическом пространстве (ОКП).

Режим наблюдения ОКП в комплекс «Небосвод» вводится по команде с наземного

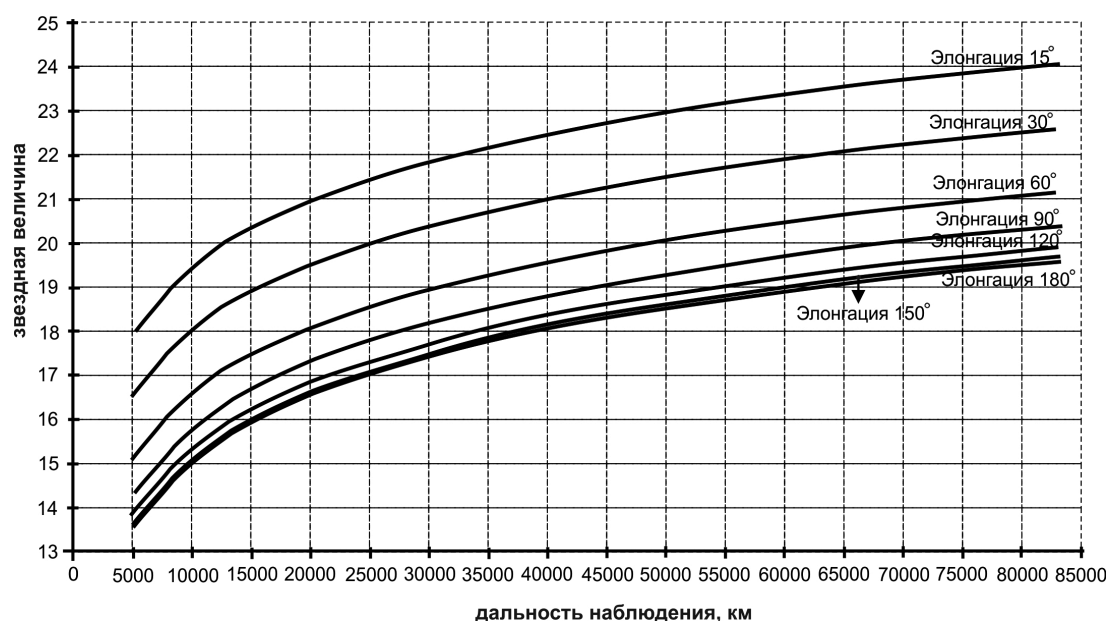


Рис. 3. Зависимость звездной величины ЭКМ размером 0,1 м от дальности наблюдения при разных элонгациях

пункта управления с отменой режима обзора дальнего космического пространства.

Комплекс «Небосвод» обеспечивает наблюдение одним космическим аппаратом КО в области геостационарных орбит в интервале долгот $\pm 160^\circ$ относительно текущей долготы КА при наклонении орбит КО $0 \dots 7^\circ$;

Двумя космическими аппаратами в составе комплекса космические объекты наблюдаются на всех геостационарных орбитах с наклонением $0 \dots 7^\circ$ в диапазоне долгот $0 \dots 360^\circ$.

Расчеты показывают, что телескопами комплекса «Небосвод» даже при наихудших условиях наблюдения на самых больших расстояниях на геостационарных орбитах будут наблюдаться объекты размером 0,1 м.

На рис. 3 показаны зависимости звездной величины ЭКМ размером 0,1 м от дальности наблюдения при разных элонгациях.

Кроме того, возможно наблюдение и уточнение орбитальных параметров КО в области круговых геосинхронных орбит с параметрами: период обращения наблюдаемых КО ~ 86164 с, инерциальная долгота восходящего узла $0 \dots 360^\circ$, наклонение $7^\circ \dots 70^\circ$.

Полный состав комплекса «Небосвод» показан на рис. 4.

Создание комплекса предлагается проводить поэтапно.

На первом этапе создания в состав комплекса входят следующие основные средства:

- ракетно-космический комплекс выведения космического аппарата на стационарную или квазистационарную орбиту;

- космический аппарат с аппаратурой обнаружения небесных тел;

- наземные средства подготовки космического аппарата и ракеты-носителя к запуску;

- наземный комплекс управления космическим аппаратом, приёма информации с космического аппарата и её обработки (Западный командный пункт — ЗКП), сопряжённый с информационно-аналитическим центром Системы астероидно-кометной безопасности России;

- пункт приёма и обработки информации, передаваемой с космического аппарата (ППОИ), входящий в структуру Института астрономии РАН;

- информационно-аналитический центр (ИАЦ), принимающий информацию от ЗКП, ППОИ и других внешних источников информации; ИАЦ вырабатывает и передаёт на ЗКП заявки на управление КА.

ППОИ предлагается включить в состав комплекса «Небосвод» для повышения надёжности приёма космической информации (как дублёра ЗКП) и обеспечения непрерывности приёма при вынужденных перерывах приёма на ЗКП (профилактических работах, переходах на специальный режим работы и др.). Место расположения ППОИ в Подмос-

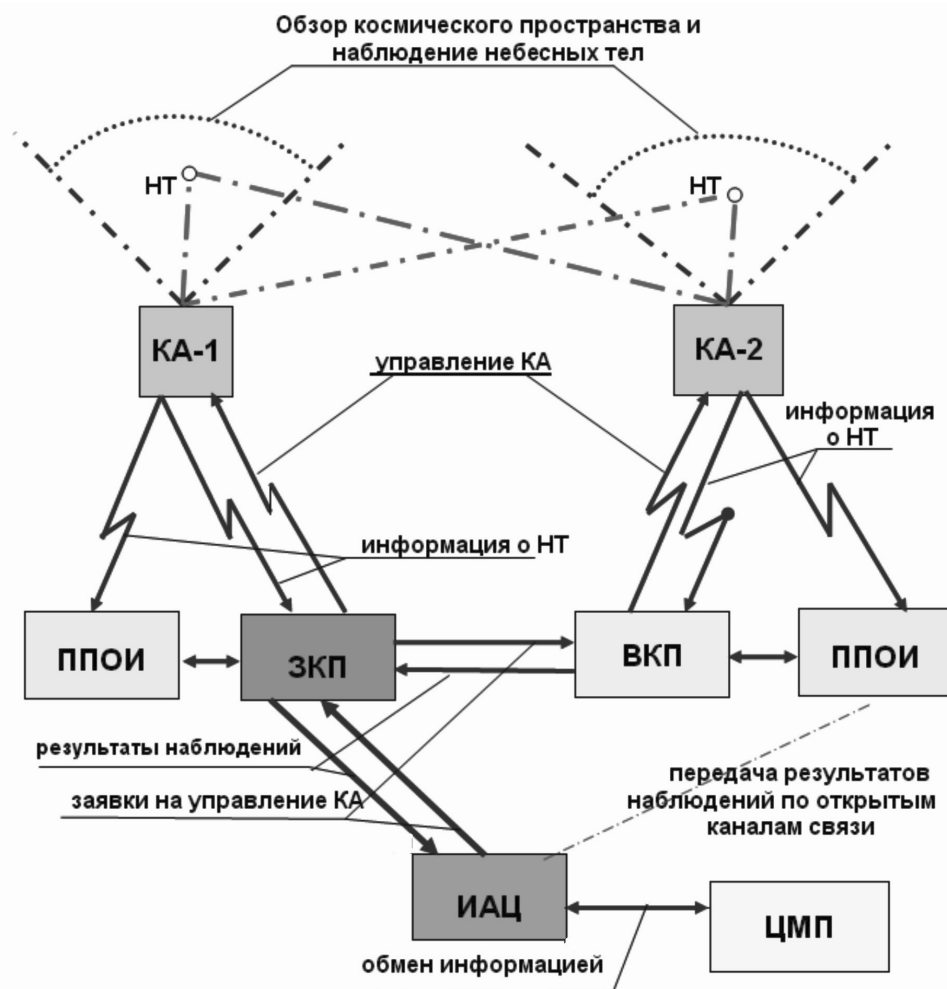


Рис. 4. Структурная схема комплекса «Небосвод» полного состава. Используемые обозначения: ЗКП — западный командный пункт; ВКП — восточный командный пункт; ППОИ — пункт приёма и обработки информации РАН; ИАЦ — информационно-аналитический центр РАН; ЦМП — центр малых планет; КА-1 — космический аппарат комплекса «Небосвод» первой очереди; КА-2 — космический аппарат комплекса «Небосвод» второй очереди; НТ — небесное тело

ковье определяется Институтом астрономии РАН.

При успешном функционировании комплекса, созданного на первом этапе, и принятии решения о развитии работ должен быть создан аналогичный комплекс со вторым космическим аппаратом, управляемым с Восточного командного пункта, расположенного на Дальнем Востоке.

Работа системы «Небосвод», состоящей из двух космических аппаратов, разнесённых по географической долготе приблизительно на 100° , может быть организована в нескольких режимах.

В первом режиме вся небесная сфера делится пополам и каждый космический аппарат осматривает выделенную ему половину.

При этом приблизительно вдвое сокращается время обзора небесной сферы и, тем самым, предоставляется больше времени системе противоастероидной защиты Земли для выполнения своей задачи.

Во втором режиме оба аппарата всегда смотрят в одном направлении и за счёт наблюдаемого параллактического смещения повышается скорость определения орбиты обнаруженного небесного тела, её точность и достоверность наблюдения.

Возможен также третий режим, в котором при обнаружении одним из аппаратов подозрительного небесного тела второй космический аппарат наводится на него и совместная обработка полученной от них информации в наземном центре даст более

быстрые и более точные результаты (с учётом параллакса).

Информация о результатах обзора небесной сферы с Восточного командного пункта передаётся на Западный командный пункт по специально созданной линии связи или по существующим каналам на информационно-аналитический центр.

В результате проведённых исследований были определены основные характеристики комплекса «Небосвод»:

- обзор небесной сферы за 1,2–4,2 сут. с обнаружением опасных небесных тел размером 50–100 м и выдача сигнала тревоги за 25–30 сут. до возможного столкновения с Землёй;

- выдача информации о параметрах движения ОНТ не менее чем за 15–20 суток до возможного столкновения с Землёй;

- обнаружение небесных тел размером 15–20 м за 5–7 сут. до падения на Землю;

- на геостационарной орбите на дальних расстояниях от нахождения КА комплекса

«Небосвод» будут обнаруживаться техногенные космические объекты размером 0,1 м и более; на близких расстояниях будут обнаруживаться соответственно более мелкие КО;

- комплекс «Небосвод» может быть использован для решения различных научных задач, таких как исследование объектов Солнечной системы, звёзд неба, фотометрия звёзд неба, исследование переменных звёзд и т.п.

Литература

1. Разработка принципов и основных технических решений создания астрономического космического комплекса обнаружения и определения параметров движения опасных для Земли астероидов и комет / Отчёт о НИР ФГУП «ЦНИИ «Комета». 2010.
2. Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра / Под ред. Б.М. Шустова и Л.В. Рыхловой. М.: Физматлит, 2010. 384 с.

Ключевые слова: обзор небесной сферы, опасное небесное тело, столкновение с Землёй, космический комплекс, космический аппарат, аппаратура наблюдения, телескоп, дальность обнаружения, звездная величина, сканирование.

Статья поступила 10 октября 2013 г.

ОАО «Корпорация космических систем специального назначения «Комета», г. Москва

Институт астрономии РАН, г. Москва

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга Московского государственного университета, г. Москва

ОАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королева», г. Москва

© Кулешов Ю. П., Егоров В. Л., Мисник В. П., Яковенко Ю. П., Рыхлова Л. В., Шугаров А. С., Шустов Б. М., Захаров А. И., Прохоров М. Е., Богачев А. В., Николаев С. Л., Орловский И. В., Платонов В. Н., 2013