

Л. М. Неугодникова, В. В. Адамовский, Р. А. Красноперов; под ред. В. С. Фетисова. Уфа: ФОТОН, 2014. 217 с.

7. Федеральный закон «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов». ФЗ № 291 от 03.07.2016.

8. Матюшин Д. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами полиции. Саарбрюккен: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. 149 с.

9. Эксплуатация комплексов с беспилотными летательными аппаратами: учеб. пособие / А. А. Гетманцев, В. В. Зевин, М. В. Куликов, И. Б. Петров; под ред. А. А. Гетманцева. СПб.: ВАС, 2016. 280 с.

10. Ричард У. Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться // Новости электроники. 2015. № 11. С. 3–13.

V. A. Shishkov, V. V. Makarov
LLC «STC» (Saint Petersburg)

S. A. Kudryakov
Saint Petersburg State University of Civil Aviation

S. A. Belyaev, V. V. Romancev
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

THE EXPERIENCE OF OPERATING DPAS «ORLAN-10» ON LONG-TRACK ROUTED

Is devoted to current issues of optimization of «Orlan-10» remotely piloted aircraft flight operations on the longest tracks out of LOS. The authors provide the main ways of implementing the unmanned aviation systems for the Ministries and governmental agencies of the Russian Federation in various spheres: military, agriculture, construction, geodetic survey, meteorology, map-making, ecology, security. They single out the main technical characteristics of «Orlan-10» unmanned aircraft, details of its automatic control system and its communications equipment. The authors research the experience of performing flights on the long-track route using several ground-based points of remote control operating the existing communication infrastructure. They state the fundamental approach to the operation of «Orlan-10» unmanned aircraft using several ground-based points of remote control.

Unmanned aircraft systems, remotely piloted aircrafts, aircraft equipment operation, remote control station

УДК 629.78

В. Е. Герцман, А. И. Вайнтрауб, А. В. Экало
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

К. Г. Зиновьев
Космодром «Плесецк»

Способ повышения точности юстировки радиолокационных станций с помощью низкоорбитальных космических аппаратов

Описывается способ построения «эталонной траектории», необходимой для проверки погрешности координатных измерений радиолокационной станции (РЛС) и определения необходимости дальнейшего проведения на ней юстировочных работ. В качестве объектов измерений используются низкоорбитальные космические аппараты (НКА), снабженные навигационной аппаратурой потребителей (НАП) Глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS, способные передавать информацию НАП на наземные пункты приема по телеметрическому радиоканалу. Повышение точности построения эталонной орбиты, по отношению к которой производится юстировка РЛС, осуществляется комплексной апостериорной обработкой совокупности информации, передаваемой по радиоканалам на пункт приема информации наземного автоматизированного комплекса управления. Даются рекомендации по отбору и верификации НКА, которые можно использовать в качестве объектов, обеспечивающих РЛС эталонными данными с заданным уровнем точности.

Низкоорбитальный космический аппарат, юстировка, радиолокационная станция, эталонная траектория, навигационная аппаратура потребителя, ошибки измерений, эфемериды

Постановка задачи юстировки РЛС. Юстировка радиолокационных станций (РЛС) с помо-

щью летательных объектов (ЛО) заключается в определении и оценке разностей Δx между пара-

метрами опытной траектории ЛО, полученными юстируемым средством, и соответствующими параметрами эталонной траектории этого же ЛО ($\Delta\chi = \chi_{\text{эт}} - \chi_{\text{РЛС}}$). После определения и оценки разностей $\Delta\chi$ они как юстировочные поправки должны вводиться в функциональное программное обеспечение (ФПО) РЛС для текущей коррективы замеров.

В качестве ЛО для проведения юстировочных работ могут быть использованы низкоорбитальные космические аппараты (НКА), беспилотные и пилотируемые летательные аппараты (ЛА), снабженные навигационной аппаратурой потребителей Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS и способные передавать информацию на пункты приема информации (ППИ) по телеметрическому радиоканалу.

Наиболее мощным и точным методом юстировки радиолокационных средств является метод, основанный на наблюдениях НКА, поскольку они движутся по тем же законам, что и другие объекты (как орбитальные, так и баллистические) на внеатмосферном участке траектории и практически с теми же скоростями, а большое разнообразие орбит позволяет выбрать нужный диапазон дальностей обнаружения и сопровождения.

Эталонная траектория контролируемого НКА представляет собой проекции радиуса-вектора и вектора скорости на оси геоцентрической относительной системы координат. Шкалой времени эталонной траектории является шкала всемирного координированного времени UTC, к которой привязана шкала времени системы ГЛОНАСС.

Опытная траектория, определяемая юстируемым средством, представляет собой сферические координаты (модуль радиуса-вектора, два направляющих косинуса, а также их производные по времени) относительно опорной биконической системы координат. Биконическая система координат задается в геодезической системе координат 1942 г. (СК-42) широтой, долготой и высотой реперной точки и углами ориентации измерительных осей юстируемого средства. Шкала времени юстируемого средства привязана к шкале декретного московского времени с помощью аппаратуры системы единого времени (СЕВ).

Преобразование координат и времени между указанными системами координат и шкалами времени осуществляется по известным соотношениям.

Оценка систематических погрешностей измерений информационного средства определяется из следующих уравнений линейной регрессии для синхронных разностей в биконической системе координат:

$$\begin{aligned}\Delta R(t_i) &= R_{\text{meas}}(t_i) - R_{\text{sample}}(t_i) = \\ &= \sum_{k=1}^{i=m} \frac{\partial R}{\partial p_k} p_k + \sum_{l=1}^{l=3} \frac{\partial R}{\partial \varepsilon_l} \varepsilon_l + \frac{\partial R}{\partial t} \Delta\tau, \\ \Delta U(t_i) &= U_{\text{meas}}(t_i) - U_{\text{sample}}(t_i) = \\ &= \sum_{k=1}^{i=m} \frac{\partial U}{\partial p_k} p_k + \sum_{l=1}^{l=3} \frac{\partial U}{\partial \varepsilon_l} \varepsilon_l + \frac{\partial U}{\partial t} \Delta\tau, \\ \Delta V(t_i) &= V_{\text{meas}}(t_i) - V_{\text{sample}}(t_i) = \\ &= \sum_{k=1}^{i=m} \frac{\partial V}{\partial p_k} p_k + \sum_{l=1}^{l=3} \frac{\partial V}{\partial \varepsilon_l} \varepsilon_l + \frac{\partial V}{\partial t} \Delta\tau.\end{aligned}$$

где $t_i, i = 1, \dots, N$ – моменты времени определения эталонной траектории (N – общее число точек); $R_{\text{meas}}, R_{\text{sample}}, U_{\text{meas}}, U_{\text{sample}}, V_{\text{meas}}, V_{\text{sample}}$ – параметры измеренной (meas) и эталонной (sample) траекторий; p_i – параметры юстировки информационного средства; m – число параметров; $\varepsilon_{1,2,3} = \Delta x, \Delta y, \Delta z$ – неизвестные случайные погрешности определения эталонной траектории по трем координатам x, y, z ; $\Delta\tau$ – неизвестные систематические погрешности синхронизации эталонной и измеренной траекторий.

Проведение операций юстировки начинается с оценки статистической значимости полученных синхронных разностей отдельно для каждого из параметров. Статистическая значимость оценивается с использованием статистик S_R, S_U, S_V при учете ковариационной матрицы погрешностей эталонной траектории, определяемой совместно с ней, и проверяемых (паспортных) значений средних квадратических погрешностей измерительного средства.

Следующий этап рассматриваемой процедуры – выбор допустимой границы, т. е. порогового значения. При нормальном распределении и некоррелированности погрешностей измерений квадратичная сумма синхронных разностей и, соответственно, статистики S_R, S_U, S_V подчиняются χ^2 -распределению с N степенями свободы. Пороговое значение χ^2 выбирается, исходя из задаваемого уровня доверительной вероятности (ложной тревоги) q :

$$P(\chi^2 \leq \chi_q^2) = 1 - \frac{q}{100},$$

где $q = (1, \dots, 5) \%$ – вероятность того, что при соответствии погрешностей измерений и погрешностей эталона нормативным значениям, статистики S_R, S_U, S_V превысят пороговый уровень; χ_q^2 – значение, которое выбирается из таблиц $P(\chi^2 \leq \chi_q^2)$ χ^2 -распределения [1] или вычисляется по стандартным алгоритмам.

Уровень доверительной вероятности требует согласования с разработчиком и заказчиком юстируемого измерительного средства.

Статистическая значимость оценивается на соответствие следующим соотношениям:

$$S_R < \chi_q^2, S_U < \chi_q^2, S_V < \chi_q^2.$$

Таким образом, если одно из вышеприведенных неравенств не выполняется, то гипотеза о существенном различии измеренной и эталонной траекторий подтверждается. В этом случае необходимо провести юстировку средств измерений. Для этого приведенные уравнения регрессии разрешаются стандартным методом наименьших взвешенных квадратов с учетом априорной информации о средних квадратических значениях погрешностей определения эталонной траектории и синхронизации шкал времени. Полученные решения \hat{p}_k являются оценкой юстируемых параметров.

Использование КА для целей юстировки.

Требования к точности эталонной траекторной информации определяются точностными характеристиками испытываемых радиолокационных средств, а также целевыми задачами конкретных испытаний. Эти требования должны обеспечиваться круглосуточно по всем проходам объектов, используемых в качестве юстировочных, в зонах юстируемых РЛС в реальных условиях функционирования.

Важнейшим этапом в проведении юстировки является получение достоверных параметров движения контролируемых объектов (эталонных), т. е. его вектор состояния $q(x, y, z, V_x, V_y, V_z)$ (координаты и скорости объекта измерений) и ковариационная матрица погрешностей их определения $K_x(t_i)$.

Следует отметить, что после получения параметры движения пересчитывают в радиолокационную биконическую систему координат.

Результирующая ошибка единичных измерений произвольной ординаты h сопровождаемого РЛС объекта, представляется суммой двух составляющих

$$\Delta h_{\Sigma}(x, t_i) = \Delta h_{\text{нч}}(x, t_i) + \Delta h_{\text{бм}}(x, t_i),$$

где $\Delta h_{\text{нч}}(x, t_i)$ – случайная медленноменяющаяся ошибка (ММО), интервал корреляции которой существенно (на порядок и более) превышает темп формирования замеров ΔT во времени в режиме сопровождения; $\Delta h_{\text{бм}}(x, t_i)$ – случайная быстроменяющаяся ошибка (БМО), интервал корреляции которой не превышает ΔT ; t_i – произвольные моменты времени формирования замеров на интервал сопровождения; x – вектор координат сопровождаемого объекта, соответствующий моменту t_i .

Разделение суммарных ошибок на ММО и БМО осуществляется посредством полиномиального сглаживания внутри скользящего интервала. Длительность интервала выбирается исходя из спектральных диапазонов разделяемых ошибок. Основные погрешности определения эталонной траектории по своей физической природе принадлежат к БМО. Та часть погрешностей эталонной траектории, которая может быть отнесена к ММО, является погрешностью эфемерид и при использовании высокоточных апостериорных эфемерид имеет сантиметровый уровень. Среднеквадратическое отклонение суммарной составляющей БМО зависит от отношения сигнал/шум, который определяется в самом измерительном средстве и передается для последующей послесредственной обработки.

Точностные характеристики объектов юстировки, выдающих эталонные данные с учетом их обработки, должны быть намного (в 3–10 раз) выше точностных характеристик испытываемого средства. Такие высокие требования к точности измерений не позволяют использовать (для определенного вида РЛС) результаты расчетов бортовой навигационной аппаратуры (БАП) в качестве эталонных, как сделано, например, в [2]. Это объясняется тем, что данные, выдаваемые спутниковым навигатором, представляют собой результаты решения навигационной задачи без учета оперативной корректирующей информации и уточненной (апостериорной) эфемеридной и частотно-временной информации по навигационным КА, а также геогелиофизических данных.

В предлагаемом способе, так же как и в известном [2], ошибку юстировки определяют как синхронную разность между параметрами орбит космических объектов, проходящих через зону

действия РЛС и принимаемых за эталонные, и параметрами их движения, измеренными данной РЛС. Но, в отличие от известного, эталонные траектории НКА определяются путем комплексной апостериорной обработки совокупности информации (не только с НАП), передаваемой по радиоканалам на ППИ наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ).

Схема получения и обработки информации для вычисления юстировочных поправок повышенной точности представлена на рисунке. Предложенный способ вычисления юстировочных поправок осуществляется по следующей методике.

Из совокупности НКА выбираются аппараты, снабженные бортовым навигатором и способные передавать информацию с них в ППИ. По характеристикам орбиты с учетом энергетических характеристик РЛС выбираются аппараты, способные быть объектами юстировки. По начальным условиям движения выбранных НКА рассчитывается время прохождения их в зоне видимости РЛС. На это время осуществляется включение РЛС, сбор и обработка измерений и вычисление на цифровом вычислительном комплексе (ЦВК) траектории движения НКА ($\chi_{РЛС}$).

В программе вычисления эталонной орбиты ($\chi_{ЭТ}$), повышенной точности, исходной является следующая информация, поступающая на ввод ППИ НАКУ:

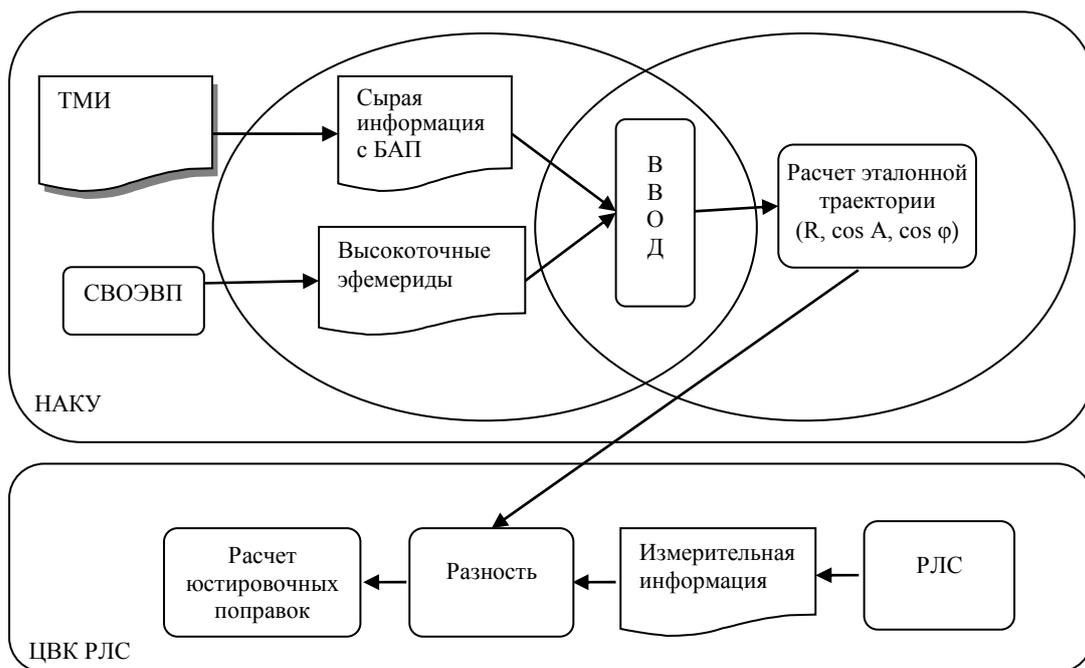
1. Навигационная информация, получаемая через систему телеметрических измерений (ТМИ) от бортовой НАП и содержащая результаты решения на борту навигационной задачи и исходные («сырые») кодовые и фазовые измерения по навигационным сигналам ГНСС ГЛОНАСС и ГНСС GPS [3].

2. Ассистирующая информация, получаемая из прикладного потребительского центра и системы информационного обеспечения (ППЦ СИО):

– высокоточные эфемериды и частотно-временные поправки к бортовым шкалам времени навигационных КА ГНСС ГЛОНАСС, параметры ионосферы и тропосферы, параметры вращения Земли, а также другие данные и информации, позволяющие повысить точность решения задач определения местоположения, скорости движения, а также точного времени потребителями ГЛОНАСС в соответствии с интерфейсным контрольным документом системы высокоточного определения эфемерид и временных поправок (СВОЭВП) системы ГЛОНАСС [4];

– характеристики целостности, доступности и точности ГНСС ГЛОНАСС в соответствии с интерфейсным контрольным документом (ППЦ СИО МО) [5].

3. Корректирующая информация функциональных дополнений космического базирования (SBAS), получаемая с использованием наземного навигационного модуля ГЛОНАСС/GPS:



– информация отечественной системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) в соответствии с интерфейсным контрольным документом [6];

– информация широкозонных систем дифференциальной коррекции WAAS и EGNOS в соответствии с международными стандартами RTCM [7].

При послесеансном построении эталонной траектории в геоцентрической относительной системе координат (ГОСК) по «сырой» информации с БНА, а также ассистирующей и корректирующей информациям используются методы, основанные на совместной обработке кодовых и фазовых измерений с включением фазовых неопределенностей в вектор состояния навигационной задачи, наряду с неизвестными координатами и составляющими скорости потребителя. Оценка вектора состояния определяется путем линеаризации уравнений измерений и их последующего решения с помощью рекуррентной процедуры минимизации квадратичной формы, характеризующей невязки фактических и прогнозируемых псевдодальностей, полученных в процессе решения навигационной задачи [8].

Затем эталонная траектория объекта, рассчитанная в ГОСК, переводится по известным соотношениям в сферические координаты (модуль радиуса-вектора, два направляющих косинуса и их производные по времени) опорной биконической системы координат, начало которой привязано к фазовому центру антенны РЛС. Полученные данные передают в ЦВК РЛС.

Таким образом, ЦВК РЛС получает график пролетов всех отобранных для юстировки НКА вместе со временем нахождения каждого из них в контролируемой зоне и параметры эталонной траектории для каждого временного промежутка.

После получения данных на ЦВК РЛС сравниваются параметры эталонной орбиты с параметрами орбиты, полученной станцией при нахождении космического объекта в зоне ее действия, и рассчитываются синхронные разности между ними, например, методом максимального правдоподобия или наименьших квадратов.

Достижимый технический результат заключается в дополнительном увеличении точности юстировки за счет того, что уменьшается ошибка измерения координат, которая может существенно зависеть от положения объекта измерений в зоне (от угла места и азимута).

Отрицательной стороной способа является некоторая потеря оперативности получения эта-

лона, однако это вполне достойная плата за повышение точности.

В целом организация работ по юстировке и контролю качества функционирования РЛС с помощью потока НКА связана с решением следующих задач:

– отбор и верификация НКА, которые можно использовать в качестве объектов, обеспечивающие поддержание заданного уровня точности эталонных данных;

– организация наблюдений за выбранными НКА;

– выдача целеуказаний на РЛС в согласованном формате;

– пересчет эталонных данных на моменты измерений в системе измеряемых координат;

– статистическая обработка невязок;

– установление факта критического снижения характеристик работы контролируемого средства;

– периодический анализ результатов юстировочных работ.

Вопросы создания космической метрологической базы для РЛС. Следует отметить, что правильный выбор системы КА, привлекаемых для юстировочных работ, приведет к тому, что выдачу эталонных данных с необходимой точностью можно будет обеспечивать круглосуточно, независимо от погодных условий и на любой трассе космических объектов, проходящей в зоне действия РЛС.

Высокую оперативность контроля характеристик РЛС можно обеспечить регулярностью и частотой прохождения НКА через зоны наблюдения. Такая система НКА способна выполнить роль космической метрологической базы для всех РЛС, выполняющих задачу слежения за воздушными и космическими объектами. Выбор оптимальных параметров траектории объектов, привлекаемых в качестве юстировочных, связан с необходимостью обеспечения оценки и контроля параметров РЛС с требуемой периодичностью и длительностью сеанса контроля точностных характеристик, а также необходимостью обеспечения набора статистики на мерном интервале. Требования, предъявляемые к орбитальным характеристикам НКА, привлекаемым в качестве юстировочных, обуславливаются географическим расположением РЛС, параметрами зоны обзора и спецификой решаемых задач.

Поэтому отбор и верификация НКА, которые можно использовать в качестве объектов, обеспечивающие поддержание заданного уровня точности эталонных данных, являются составной частью решения задачи юстировки РЛС с использованием предлагаемого способа.

Группировка НКА должна за период 2...3 сут покрывать с достаточной плотностью зоны действия всех территориально разнесенных средств системы. При выборе наклона орбиты необходимо учитывать, что специфика расположения РЛС не позволяет использовать КА с наклоном орбиты менее 52°.

Полное покрытие зоны устраняет ошибки измерения координат, зависящих от положения НКА в зоне. Помимо этого необходимо учитывать размеры НКА, ориентируясь на значения их эффективной поверхности рассеивания (ЭПР), из-за ограниченных энергетических возможностей РЛС.

Таким образом, в качестве объекта юстировки, в принципе, может задействоваться любой НКА, снабженный спутниковым навигатором, способный передавать данные по радиоканалу на ППИ НАКУ и удовлетворяющий информационное средство по орбитальным и энергетическим характеристикам. Суммарный выигрыш в точности определения координат составляет до 10...15 м в зависимости от условий проведения измерений. Предельная (на уровне вероятности 0.95) погрешность определения параметров эталонной траектории составляет 1...1.5 м по координатам и 3...5 см/с по скоростям.

Как уже отмечалось, в предлагаемом способе в качестве объекта юстировки кроме НКА могут использоваться и другие ЛО, снабженные спутниковым навигатором. В этом случае способ применения упрощается, поскольку время нахождения ЛО в зоне действия РЛС и проведения юстировочных операций согласовывается с персоналом информационного средства.

Организация работ по юстировке вписывается в комплекс работ по разработке и внедрению новых технологий навигационно-баллистического обеспечения космических систем и комплексов, который определяет новые требования к системе НБО и требует ее модификации по следующим направлениям:

– модернизации математических моделей движения космических средств с целью повышения точности НБО;

– разработки математического и программного обеспечения решения баллистических задач перспективных РКН, РБ, КА с использованием технологий распределенной обработки информации, создания системы информационного взаимодействия, удовлетворяющей требованиям распределенной обработки информации.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. При проведении юстировочных работ на РЛС целесообразно использовать в качестве объектов наблюдения НКА, имеющие на борту современную навигационную аппаратуру потребителя ГНСС ГЛОНАСС/GPS.

2. Высокая точность построения эталонных траекторий с помощью НКА, необходимая для проведения юстировки, может быть получена путем апостериорной комплексной обработки измерительной информации НАП и данных, предоставляемых ППЦ СИО.

3. Применение предложенного способа позволит обеспечить создание космической метрологической базы для РЛС, выполняющих задачу слежения за воздушными и космическими объектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983.

2. Малые КА для юстировки наземных радиотехнических и оптико-электронных средств / В. Ф. Фатеев, Е. А. Ткачев, И. С. Герасименко, А. В. Медведев; под ред. В. Ф. Фатеева // Малые космические аппараты информационного обеспечения: сб. статей. М.: Радиотехника, 2010. С. 58–63.

3. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. 4-е изд. / под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. М.: Радиотехника, 2010.

4. ГНСС ГЛОНАСС. Прикладной потребительский центр и система информационного обеспечения потребителей Минобороны России (ППЦСИО МО). Интерфейсный контрольный документ. Редакция 1.0. М.: ОАО «НПК СПП», 2011.

5. ГНСС ГЛОНАСС. Система высокоточного определения эфемерид и временных поправок (СВОЭВП). Интерфейсный контрольный документ. Редакция 3.0. М.: ОАО «НПК СПП», 2011.

6. Система дифференциальной коррекции и мониторинга. Интерфейсный контрольный документ. Радиосигналы и состав цифровой информации функционального дополнения ГЛОНАСС. Редакция 1.0. М.: ОАО «Российские космические системы», 2012.

7. Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/WAAS. Airborne Equipment RTCA DO-229D. Differential GNSS Services. Version 3. RTCM Standard 10403.2.

8. Поваляев А. А. Спутниковые радионавигационные системы. М.: Радиотехника, 2008.

V. E. Gertzman, A. I. Vaintraub, A. V. Ekalo
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

K. G. Zinoviev
The Plesetsk Cosmodrome

METHOD OF INCREASING THE ACCURACY OF ALIGNMENT OF RADAR STATIONS VIA LOW-ORBITING SPACECRAFTS

Contains description of the method of constructing a «reference trajectory» required to check the extent of error of coordinate measurements of the radar station (RLS), and determine the need for further conducting the adjustment works. As objects of measurement uses low-orbit space spacecrafts, equipped with navigation equipment consumers (NAP) of Global navigation Satellite Systems (GNSS) GLONASS/GPS, to transmit NAP on to ground receiving stations via telemetric radio channel. Improving the accuracy of construction of the reference orbit, relative to which the alignment of the radar, by a posteriori processing complex aggregate of information transmitted by radio to the receiving point information (PPI) of ground automated control complex (GACC). There are given recommendations for the selection and verification of low-orbit spacecraft which can be used as objects, that can providing a radar reference data with a target level of accuracy.

Low-orbit spacecraft, alignment, radar station, reference trajectory, navigation equipment of the consumer, errors of measurement, ephemerides

УДК 004.75+004.087.2

Е. Ю. Белова
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Обзор систем хранения данных на флеш-накопителях

Проводится обзор систем хранения данных, полностью построенных на флеш-накопителях. Выполнено сравнение накопителей на жестких магнитных дисках с твердотельными накопителями. С использованием данных аналитической компании DRAMeXchange проведен анализ рынков флеш-накопителей и энергонезависимых микросхем флеш-памяти типа Not AND (NAND). На основе отчетов аналитических компаний Gartner и International Data Corporation представлены рейтинги поставщиков систем хранения данных и, в частности, поставщиков массивов на твердотельных накопителях. В тройку мировых лидеров поставщиков систем хранения входят компании Dell EMC, Hitachi Ltd. и Hewlett Packard Enterprise. В тройку мировых лидеров поставщиков массивов на твердотельных накопителях – компании PureStorage, Dell EMC и Hewlett Packard Enterprise. Приведены конкретные модели систем хранения данных на флеш-накопителях, продемонстрировавшие наилучшие результаты отраслевого теста Storage Performance Council Benchmark-2 по производительности и соотношению цены и производительности.

Накопитель на жестких магнитных дисках, твердотельный накопитель, флеш-память, система хранения данных, массивы на твердотельных накопителях, производительность, SPC Benchmark-2

Набор сведений или фактов, на основе которых могут быть сделаны выводы, называется данными. Примерами служат журналы, фотографии, счета бухгалтерского учета, медицинские карты, железнодорожные билеты и пр. С развитием компьютерных технологий появилась возможность создавать данные посредством компьютера

и хранить их в цифровом виде. Снижение цен на информационные носители, появление доступных высокоскоростных технологий связи, увеличение числа приложений и смарт-устройств способствовали стремительному росту объемов цифровых данных. В настоящее время их хранение представляет собой технологию, в которую вхо-