

С.В. ВАСЬКОВ, А.Н. ЖУКОВ, А.Ю. КОВАЛЕНКО  
**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦИКЛАХ НАВИГАЦИОННО-  
БАЛЛИСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ ПРЕЦИЗИОННЫХ ЭФЕМЕРИДНО-ВРЕМЕННЫХ  
ДАННЫХ**

---

*Васьков С.В., Жуков А.Н., Коваленко А.Ю. Актуальные проблемы использования в технологических циклах навигационно-баллистического обеспечения космических систем прецизионных эфемеридно-временных данных.*

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы сложившихся противоречий требований к тактико-техническим характеристикам перспективных космических систем и традиционных технологий навигационно-баллистического обеспечения. Проведена формализация задачи системного анализа состояния и путей модернизации навигационно-баллистического обеспечения космических систем на основе использования в контуре управления прецизионных данных системы высокоточного определения эфемерид и временных поправок, необходимости их применения на этапах создания, испытаний и эксплуатации как космических систем, так и перспективных средств вооружений, использующих в системах управления аппаратуру радионавигации. Обоснована необходимость использования математического прецизионного эталона при организации технологических циклов навигационно-баллистического обеспечения перспективных космических систем.

**Ключевые слова:** системный анализ, обработка измерительной информации, фазовые измерения, эталонная орбита, априорная и апостериорная информации, состоятельная оценка, прецизионные данные.

*Vaskov S.V., Zhukov A.N., Kovalenko A.Y. Current Problems of Using Precision Ephemeris and Time Data in Technological Cycles of Navigation-Ballistic Support of Space Systems.*

**Abstract.** This paper questions the existing contradictions between the requirements for the performance characteristics of advanced space systems and traditional technologies of navigation-ballistic support. We have carried out the formalization of the task of systematic analysis of the status and ways of modernizing navigation-ballistic support of space systems on the basis of using in the control loop precision data from systems for high-accuracy determination of ephemeris and time corrections. We have shown the need to apply these data during the stages of creation, testing and operation of not only space systems but also promising means of weapons that use radio navigation equipment in control systems. The necessity for a standard of mathematical precision in the organization of technological cycles of navigation-ballistic support of advanced space systems is substantiated.

**Keywords:** system analysis; processing of measuring data; phase measurements; the perturbations of the reference orbit; a priori and a posteriori information; consistent assessment; data precision.

---

**1. Введение.** В настоящее время наземный автоматизированный комплекс управления (НАКУ) космическими аппаратами (КА) представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для управления орбитальными группировками (ОГ) КА различного целевого назначения: военного, двойного, а также частью автомати-

ческих КА научного и социально-экономического назначения. Однако эффективность этого управления невелика, особенно по сравнению с зарубежными аналогами [1].

Как показывают результаты анализа требований по управлению целевым применением КА военного и двойного назначения, к 2020–2025 гг. [2] уровень основных тактико-технических характеристик НАКУ должен существенно возрасти и составить по различным показателям:

- пропускная способность — 90–100 КА к 2020 году и до 120–130 КА к 2025 году;

- оперативность управления низкоорбитальными КА — не более 30 мин. к 2020 году и в масштабе времени, близком к реальному к 2025 году;

- оперативность управления высокоорбитальными КА — в масштабе времени, близком к реальному;

- вероятность выполнения сеанса управления КА — 0,99 к 2020 году и 0,999 к 2025 году.

Системообразующим звеном управления является навигационно-баллистическое обеспечение, ключевым показателем которого служит точность определения и прогнозирования параметров движения центра масс КА. Точностные требования для различных космических систем (КС) и космических комплексов (КК) могут существенно отличаться (от нескольких сотен метров до дециметров) как для апостериорного, так и оперативного режимов [3].

Гарантированное достижение предъявляемых к НАКУ требований возможно только при внедрении новых технологий управления КА, иначе создаваемые КС и КК в части управления целевым применением принципиально не превзойдут по своим характеристикам существующие образцы [4].

К новым ресурсосберегающим технологиям управления КА в части навигационно-баллистического обеспечения следует отнести наряду с прочими применение систем автономной спутниковой навигации (навигационной аппаратуры), использующих в технологическом контуре сигналы космических навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и данные систем функциональных дополнений [5].

Ожидаемый эффект применения новых технологий управления КА заключается в том, что все они в том или ином виде приводят к снижению объемов и интенсивности обмена командно-программной и измерительной информацией между наземными средствами НАКУ и бортовым комплексом управления КА. Это, в свою очередь, ведет к сокращению необходимого количества и длительности проводимых сеансов

управления КА, тем самым обеспечивая реализацию технологического цикла управления меньшим количеством технических средств, меньшей численностью личного состава дежурных смен и расчетов, меньшим объемом материально-технического обеспечения НАКУ, меньшим объемом финансирования и т.д.

Однако это входит в противоречие с возложенным на НАКУ КА функционалом в связи со снижением объема исходных данных.

Следует также отметить возросшие требования к точности координатно-временного навигационного обеспечения (КВНО) перспективных космических систем. Для некоторых классов низкоорбитальных КА точность КВНО в оперативном режиме должна обеспечивать дециметровый уровень.

## **2. Анализ состояния и путей модернизации навигационно-баллистического обеспечения космических систем.**

Указанное сокращение количества технических средств не должно привести к снижению общей эффективности управления ОГ КА до 2020 года, так как будет в основном компенсировано [2]:

– оснащением к 2020 году всех низкоорбитальных КА наблюдения, а затем и высокоорбитальных КА связи и ретрансляции бортовыми средствами автономной спутниковой навигации (АСН), работающих по навигационному полю системы ГЛОНАСС/GPS. Это приведет к кардинальному сокращению объемов траекторной информации (сеансов измерений, которые составляют до 70% общего количества сеансов связи с КА) и соответствующему снижению как числа задействуемых измерительных средств, так и территориальных объектов НАКУ, где они размещены;

– использованием режимов информационного обмена с КА (прежде всего низкоорбитальными) командно-программной и измерительной информацией через спутники-ретрансляторы. Это позволит значительно уменьшить (в перспективе — полностью сократить) число сеансов управления КА, осуществляемых в режиме непосредственного информационного обмена, возможности которого существенно ограничены границами зон прямой радиовидимости КА с наземными командно-измерительными станциями (КИС);

– выводом из состава НАКУ объектов, технические средства которых полностью ориентированы на управление ГЛОНАСС.

Как показывают предварительные расчеты, переход на ретрансляционные режимы информационного обмена с КА в сочетании с оснащением КА системами автономной спутниковой навигации и выводом из состава НАКУ объектов, технические средства которых полностью ориентированы на управление ГЛОНАСС, теоретически позво-

ляют ограничить состав НАКУ 3-4 отдельными командно-измерительными комплексами (ОКИК) [2]. Однако, исходя из практических соображений и опыта управления КС, к 2020 году представляется целесообразным ориентироваться на цифру в 6-8 ОКИК.

Основу развития наземного комплекса управления глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС как ключевого средства высокоточного КВНО спецпотребителей в период до 2020 года и на дальнейшую перспективу должно составлять его поэтапное выделение в самостоятельную организационно-техническую структуру (единицу) в составе НАКУ с собственной номенклатурой технических средств.

Тем самым, в прогнозируемый период система ГЛОНАСС станет играть иерархически главенствующую (эталонирующую) роль по отношению к космическим системам наблюдения, связи и ретрансляции.

Однако детальный анализ возможности достижения требований по точности КВНО системы ГЛОНАСС показал невозможность экстенсивными (расширением состава средств наземного контура управления и повышением их тактико-технических характеристик) методами достичь требуемых характеристик, определенных Федеральной целевой программой «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012-2020 годы» [4]. Необходима существенная технологическая модернизация.

Для потребителей, к которым предъявлены требования дециметровой точности навигации в абсолютном режиме, необходимо использовать ассистирующие данные систем функциональных дополнений системы ГЛОАСС — прежде всего, системы прецизионной навигации МО РФ (СПН МО), создаваемой к 2019 году путем модернизации системы высокоточного определения эфемерид и временных поправок (СВОЭВП).

СПН МО предназначена для [6]:

- обеспечения специальных потребителей, имеющих контролируемый доступ к навигационной информации функциональных дополнений системы ГЛОНАСС, ассистирующей информацией в реальном масштабе времени для оперативного координатно-временного и навигационного обеспечения с повышенной точностью и надежностью;

- обеспечения специальных потребителей прецизионной навигационной информацией для решения задач высокоточного координатно-временного и навигационного обеспечения в режиме постобработки;

- оперативной оценки тактико-технических характеристик зарубежных навигационных систем и сравнения их с тактико-техническими характеристиками системы ГЛОНАСС в заданных районах РФ;

- обеспечения оперативного эфемеридно-временного обеспечения (ЭВО) системы ГЛОНАСС исходными данными для достижения заданных точностных характеристик системы ГЛОНАСС;
- резервирования оперативного ЭВО системы ГЛОНАСС;
- обеспечения специальных потребителей систематизированной оперативной и апостериорной навигационно-временной информацией по развернутым системам, а также гелиогеофизической информацией для решения прикладных и фундаментальных координатно-временных задач в апостериорном режиме.

В этой связи необходимо отметить необходимость использования в контуре управления КА системы прецизионной навигации МО РФ в качестве нового высокоточного инструментария по реализации требований к точностным характеристикам системы ГЛОНАСС и навигационной аппаратуры потребителя систем управления перспективных КС [7].

Математические модели и методы уточнения и прогнозирования движения навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС, реализованные в СВОЭВП, позволили достигнуть прецизионного класса точности орбитальных параметров [8]. В настоящее время это дециметровый уровень точности по беззапросной и лазерной измерительной информации глобальной сети. Наиболее наглядно данный уровень точности можно оценить относительно лазерных измерений квантово-оптических систем (КОС), точность которых находится на уровне 1-2 см. Результаты интервального оценивания апостериорных эфемерид СВОЭВП навигационных КА, проведенные в первой половине апреля 2015 года относительно проведенных измерений лазерной дальности, представлены на рисунке 1.

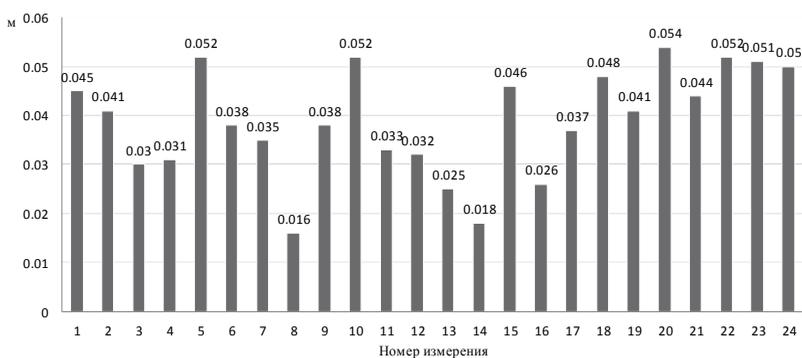


Рис. 1. Оценка отклонений апостериорного эталона относительно лазерных измерений КОС

Как видно из результатов оценок отклонения не превышают 6 см, в среднем — 3 см, что сопоставимо с погрешностью измерений лазерной дальности самих КОС.

Одной из наиболее показательных величин для анализа достижимости точностных характеристик является эквивалентная погрешность псевдодальности ОГ КА. При известном геометрическом факторе ОГ точность местоопределения потребителя на поверхности Земли прямо пропорциональна эквивалентной погрешности псевдодальности. Анализ эквивалентной погрешности псевдодальности системы ГЛОНАСС на месячном интервале оценки по данным СВОЭВП не превышает 35 см, в среднем — 20 см, что на порядок лучше оперативных данных (за 2014 г. 2,8-3,5 м).

**3. Прикладные аспекты использования прецизионных эталонных данных.** Оценивание точностных характеристик системы управления КА осуществлялось в ходе эксперимента по одновременному проведению и оценке измерений разнотипных средств и оценке точности определения параметров движения КА «Гарпун» на пассивном участке полета КА (без проведения динамических операций) в период с 26.03.2012 по 28.03.2012 [6]. На указанном интервале проводились одновременно (с учетом возможностей и ограничений на работу средств) измерения бортовой АСН, оптических средств и средств наземного комплекса управления КА.

Оценка точности определения параметров движения КА и точности измерительной информации осуществлялась по методикам, основанным на сопоставлениях результатов решения целевой задачи по разнотипным измерениям, при этом определение параметров движения по измерительной информации АСН производилось с использованием апостериорной эфемеридно-временной информации (точность эфемерид — 30-40 см) на интервале проведения эксперимента [9]. Точностные характеристики параметров движения КА в виде отклонений по положению ( $\Delta R$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta N$ ,  $\Delta D$ ) бортовых векторов состояния (БВС) (07h00m30s 26.03.12) относительно орбиты, определенной по измерениям АСН с использованием данных СВОЭВП представлены на рисунке 2.

Анализ представленных данных показывает, что отклонения БВС относительно орбиты, определённой по измерениям АСН, составляют:

- по расстоянию не более 107 м;
- по скорости не более 1 см/с.

В результате комплексного анализа проведенных оценок были получены статистические результаты, позволившие сделать вывод, что потенциальная точность определения параметров орбиты по измерениям АСН находится на уровне (предельная погрешность):

- вдоль орбиты 700 м;
- в боковом направлении 100 м.

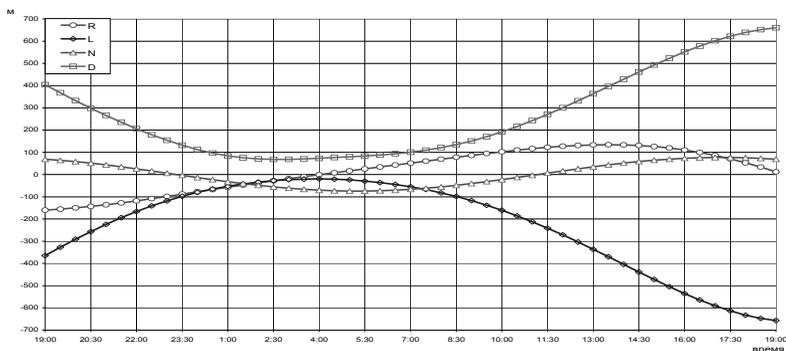


Рис. 2. Отклонения по положению ( $\Delta R$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta N$ ,  $\Delta D$ ) БВС относительно эталона.

Внедрение в циклы управления КА с автономными системами навигации рассмотренной выше технологии по предварительным оценкам способно в 2-3 раза повысить точность координатных методов определения и, как следствие, методов управления существующих и перспективных КС [10].

Особое значение данная технология имеет для геостационарных КА [6]. Решение целевой задачи по АСН в этом случае проводится в разрывном навигационном поле по классической схеме избыточной измерительной информации. Развивая это направление, появляется возможность оценивания не только точностных характеристик АСН, но и эффективности построения бортовых алгоритмов систем управления.

В итоге появляется возможность через улучшение точностных характеристик системы управления КА минимизировать энергетические затраты на маневры удержания (приведения) КА и, как следствие, увеличивать сроки активного существования КС.

Особо следует отметить другой важный эффект от формируемых расчетных данных СВОЭВП — возможность реализации прецизионного геодезического обеспечения любого класса потребителей, оснащенных АСН, на основе использования апостериорных методов уточнения расширенного состава исходных геодезических данных. Точность геодезической привязки при использовании данных СВОЭВП достигает миллиметрового уровня на месячном интервале оценивания и сантиметрового — на недельном.

Наряду с оценкой точностных характеристик работы бортовых систем и прецизионным топогеодезическим обеспечением использование прецизионных эфемеридно-временных данных позволяет реализовать дистанционную калибровку бортовых АСН, что в перспективе позволит увеличить точность координатно-временного обеспечения.

Одним из основных источников погрешностей частотно-временного обеспечения космических навигационных систем, контро-

ля их навигационного поля, а также решения навигационных задач потребителями являются погрешности, обусловленные погрешностями частотных и канальных калибровок, а также трактов формирования навигационных сигналов [11].

Наличие таких погрешностей объясняется не только проблемами с эталонной базой проведения калибровок бортовой аппаратуры навигационных КА и АСН, но и является неизбежным из-за невозможности обеспечения идентичности реальных условий работы навигационной аппаратуры и условий ее работы при проведении стендовых калибровок.

Следует отметить, что отсутствие эталонного навигационного приемника не позволяет обеспечить определение абсолютных величин погрешностей калибровок бортовых АСН [3].

Расчетные калибровочные данные формируются на интервале (не менее 10 суток) с использованием данных АСН и прецизионных эфемеридно-временных данных СВОЭВП. На основании измерений псевдодальности определяются калибровочные поправки, которые могут предоставляться спецпотребителям и разработчикам навигационной аппаратуры. Стендовые испытания показывают, что учет данных калибровочных поправок в бортовом комплексе управления КА может обеспечить точность навигации КА в реальном масштабе времени, сопоставимую с точностью навигации наземного потребителя.

**4. Заключение.** На основе представленного анализа можно сделать вывод об эффективности применения технологий высокоточного НБО в системах управления объектами на основе АСН и в высокоточном оружии большой дальности как в апостериорном, так и оперативном режимах.

Использование прецизионных эфемеридно-временных данных позволит обеспечить достижение требуемых точностных характеристик перспективных космических средств и средств высокоточного вооружения, а также повысить эффективность проведения испытаний и эксплуатации этих средств.

### Литература

1. Брагинец В.Ф., Жуков А.Н. Перспективы развития функциональных дополнений системы ГЛОНАСС для обеспечения высокоточного определения положения в реальном времени и апостериорном режиме // Труды института прикладной астрономии РАН. 2013. № 27. С. 119–125.
2. Жуков А.Н., Титов Е.В. Основные направления повышения точности эфемеридного обеспечения системы ГЛОНАСС // Труды института прикладной астрономии РАН. 2013. № 27. С. 190–196.
3. Жуков А.Н., Зотов С.М.И., Пасынков В.В., Суслов А.Ю., Федотов А.А., Шаргородский В.Д. Предварительные результаты мониторинга навигационных систем с использованием системы контроля целевых характеристик ГНС ГЛОНАСС // Труды института прикладной астрономии РАН. 2012. № 23. С. 189–195.
4. Новая федеральная целевая программа по поддержке развития системы ГЛОНАСС // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2011. № S1. С. 47.
5. Былинин К.Е., Горбачёв О.А., Иванов В.Б., Хазанов Д.В. Сравнительная оценка точности позиционирования одночастотной аппаратуры систем ГЛОНАСС и

- GPS // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2011. № 171. С.78–83.
6. Официальный сайт ОАО «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения». URL: <http://npk-spp.ru>. (дата обращения: 18.03.2016).
  7. Данилюк А.Ю., Пасынков В.В., Жуков А.Н. Направления развития фундаментального обеспечения в интересах системы ГЛОНАСС // Труды института прикладной астрономии РАН. 2012. № 23. С. 41–46.
  8. Жуков А.Н., Зотов С.М., Шаргородский В.Д. Принципы действия и использования беззапросных квантово-оптических систем для калибровки беззапросных радиотехнических измерительных средств // Труды Института прикладной астрономии РАН. 2013. № 27. С.26–33.
  9. Толстиков А.С., Тиссен В.М. Параметры вращения земли в задачах эфемеридно-временного обеспечения ГЛОНАСС и результаты, достигнутые в их прогнозировании // Мир измерений. 2012. № 6. С. 43–49.
  10. Дворкин В.В., Карутин С.Н., Куришин В.В. Методика мониторинга глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС с помощью системы дифференциальной коррекции и мониторинга // Измерительная техника. 2012. № 3. С. 32-37.
  11. Алексеев В.Е., Крыльников Н.О., Соловьев А.Н. Сравнение эффективности применения многоантенных навигационных систем GPS и совмещенной ГЛОНАСС/GPS // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2012. № 2(94). С.71–76.

## References

1. Braginec V.F., Zhukov A.N. [Prospects of development of the functional additions of the GLONASS system to achieve high precision position determination in real time and a posteriori mode]. *Trudy Instituta prikladnoj astronomii RAN – Proceedings of Institute of applied astronomy of the Russian Academy of Sciences*. 2013. no. 27. pp. 119–125. (In Russ.).
2. Zhukov A.N., Titov E.V. [The main directions of improving the accuracy of ephemeris support of GLONASS]. *Trudy Instituta prikladnoj astronomii RAN – Proceedings of Institute of applied astronomy of the Russian Academy of Sciences*. 2013. no. 27. pp. 190–196. (In Russ.).
3. Zhukov A.N., Zotov S.M., Pasyнков V.V., Suslov A.Yu., Fedotov A.A., Shargorodskij V.D. [Preliminary results of the monitoring of navigation systems used the use of the control target characteristics of GLONASS]. *Trudy Instituta prikladnoj astronomii RAN – Proceedings of Institute of applied astronomy of the Russian Academy of Sciences*. 2012. no. 23. pp. 189–195. (In Russ.).
4. [New federal target program to support the development of the GLONASS system]. *T-Comm: telecommunications and transport*. 2011. no. S1. p. 47. (In Russ.).
5. Bylinin K.E., Gorbachev O.A., Ivanov V.B., Khazanov D.B. [Comparative evaluation of the positioning accuracy of single frequency equipment of GLONASS and GPS]. *Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviacii – Scientific Bulletin of Moscow state technical University of civil aviation*. 2011. no. 171. pp. 78–83. (In Russ.).
6. Oficial'nyj sajt Nauchno-proizvodstvennoj korporacii «Sistemy precizionnogo priborostroeniya» [Official web site of research and production Corporation «Precision Systems and instruments»]. Available at: <http://npk-spp.ru>. (accessed 18.03.2016). (In Russ.).
7. Daniljuk A.Ju., Pasyнков V.V., Zhukov A.N. [Directions of development of the fundamental security interests of the GLONASS system]. *Trudy Instituta prikladnoj astronomii RAN – Proceedings of Institute of applied astronomy of the Russian Academy of Sciences*. 2012. no. 23. pp. 41–46. (In Russ.).
8. Zhukov A.N., Zotov S.M., Shargorodskij V.D. [Principles of operation and use of no-request quantum-optical systems for calibration of radio no-request measuring means].

*Trudy Instituta prikladnoj astronomii RAN – Proceedings of Institute of applied astronomy of the Russian Academy of Sciences.* 2013. no. 27. pp. 26–33. (In Russ.).

9. Tolstikov A.S., Tissen V.M. [Parameters of the earth's rotation in the problems of ephemeris and time support GLONASS and the results achieved in their forecasting]. *Mir izmerenij – The world of measurement.* 2012. no. 6. pp. 43–49. (In Russ.).
10. Dvorkin V.V., Karutin S.N., Kurshin V.V. [Method of monitoring global navigation satellite system GLONASS system of differential correction and monitoring]. *Izmeritel'naja tehnika – The measuring technique.* 2012. no. 3. pp. 32–37. (In Russ.).
11. Alekseev V.E., Krylikov N.O., Soloviev A.N. [The comparison of efficiency many antenna navigation systems GPS and combined GPS/GLONASS]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Jelektronika – News of higher educational institutions. Electronics.* 2012. no. 2(94). pp. 71–76. (In Russ.).

**Васьков Сергей Владимирович** — начальник управления, управление навигационно-баллистического обеспечения управления КА и РБ, оценки эффективности применения космических средств. Область научных интересов: экспериментальная баллистика, теория полета космических аппаратов, применение методов статистического оценивания при навигационно-баллистическом обеспечении перспективных космических систем, математическое моделирование. Число научных публикаций — 24. [sergvasserg@yandex.ru](mailto:sergvasserg@yandex.ru); Октябрьская ул. 3, Краснознаменск, Московская область, 143090; p.т.: +7(812) 237-19-60.

**Vaskov Sergey Vladimirovich** — head of department, navigation and ballistic support, evaluating the effectiveness of space assets department. Research interests: experimental ballistics, the theory of flight of space vehicles, the use of statistical estimation methods in navigation and ballistic software for advanced space systems, mathematical modeling. The number of publications — 24. [sergvasserg@yandex.ru](mailto:sergvasserg@yandex.ru); 3, October str., Krasnoznamenck, Moscow region, 143090, Russia; office phone: +7(812) 237-19-60.

**Жуков Александр Николаевич** — к-т техн. наук, главный конструктор, филиал «Прецизионного навигационно-баллистического обеспечения» Акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения» (филиал «ПНБО» ОАО «НПК» СПП)), Область научных интересов: экспериментальная баллистика, теория полета космических аппаратов, априорные методы статистического оценивания, математическое моделирование. Число научных публикаций — 47. [www.mail@nprk-spp.ru](mailto:www.mail@nprk-spp.ru); Авиамоторная ул. 53, Москва, 111024.

**Zhukov Alexander Nikolaevich** — Ph.D., chief designer, branch of high-precision navigation and ballistic support of research and production Corporation «Precision Systems and instruments». Research interests: experimental ballistics, the theory of flight spacecraft, a posteriori methods of statistical estimation, mathematical modeling. The number of publications — 47. [www.mail@nprk-spp.ru](mailto:www.mail@nprk-spp.ru); 53, Aviamotornaya str., Moscow, 111024, Russia.

**Коваленко Алексей Юрьевич** — к-т техн. наук, старший преподаватель кафедры навигационно-баллистического обеспечения применения космических средств и теории полета летательных аппаратов, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. Область научных интересов: экспериментальная баллистика, теория полета космических аппаратов, математическое моделирование. Число научных публикаций — 32. [al\\_nex\\_239@mail.ru](mailto:al_nex_239@mail.ru); ул. Ждановская 13, Санкт-Петербург, 197198; p.т.: +7(812) 237-19-60.

**Kovalenko Aleksey Yuryevich** — Ph.D., senior lecturer of navigation and ballistic support of the use of space assets and the theory of the flight of aircraft department, Mozhaisky Military Space Academy. Research interests: experimental ballistics, theory of flight spacecraft, mathematical modeling. The number of publications — 32. [al\\_nex\\_239@mail.ru](mailto:al_nex_239@mail.ru); 13, Zhdanovskaya street, St.-Petersburg, 197198, Russia; office phone: +7(812) 237-19-60.

## РЕФЕРАТ

*Васьков С.В., Жуков А.Н., Коваленко А.Ю.* **Актуальные проблемы использования в технологических циклах навигационно-баллистического обеспечения космических систем прецизионных эфемеридно-временных данных.**

В данной статье рассматриваются проблемные вопросы использования в технологических циклах навигационно-баллистического обеспечения космических систем прецизионных эфемеридно-временных данных. Проанализированы сложившиеся противоречия между требованиями к тактико-техническим характеристикам перспективных космических систем и традиционных технологий навигационно-баллистического обеспечения.

Проведена формализация задачи системного анализа состояния и путей модернизации навигационно-баллистического обеспечения космических систем на основе использования в контуре управления прецизионных данных системы высокоточного определения эфемерид и временных поправок, необходимости их применения. На основании экспериментальных данных осуществлено оценивание точности определения параметров движения КА и точности измерительной информации. В результате системного анализа проведенных оценок были получены статистические результаты, позволившие сделать вывод о необходимости и целесообразности использования математического прецизионного эталона при организации технологических циклов навигационно-баллистического обеспечения перспективных космических систем.

## SUMMARY

*Vaskov S.V., Zhukov A.N., Kovalenko A.Y.* **Current Problems of Using Precision Ephemeris and Time Data in Technological Cycles of Navigation-Ballistic Support of Space Systems.**

This article discusses the problematic issues of using precision ephemeris and time data in technological cycles of navigation-ballistic support of space systems.

Existing contradictions between the requirements to performance characteristics of advanced space systems and traditional technologies of navigation-ballistic support are analyzed.

The formalization of the task of systematic analysis of the status and ways of modernizing navigation-ballistic support of space systems on the basis of using in the control loop precision data from systems for high-accuracy determination of ephemeris and time corrections is carried out. Based on experimental data we have estimated the accuracy of definition of spacecraft motion parameters as well as the accuracy of measurement data. During the integrated analysis of the estimations we have obtained statistical results which show the necessity and feasibility of mathematical precision standard in the organization of technological cycles of navigation-ballistic support of advanced space systems.