

© Жиганов К.А., Яковлев В.Е., Катков С.А.
Zhiganov K., Yakovlev V., Katkov S.

ОБ ОДНОМ ИЗ ПУТЕЙ СУЩЕСТВЕННОГО ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС

ONE OF THE WAYS TO SIGNIFICANTLY IMPROVE THE ACCURACY OF THE NAVIGATION SYSTEM GLONASS USER EQUIPMENT

Аннотация. В представленной статье рассмотрен один из возможных путей устранения ошибок навигационных определений аппаратуры потребителей системы ГЛОНАСС. Экспериментально установлено, что калибровка навигационной аппаратуры позволяет снизить среднеквадратическую погрешность навигационных определений в несколько раз. Предложен путь решения выявленной проблемы: разработка и соблюдение ГОСТ по калибровке навигационной аппаратуры системы ГЛОНАСС.

Annotation. The presented article is devoted to investigation one of possible ways to reduce the consumer GLONASS systems errors of navigational determination. Experiments shows, that calibration navigational equipment give ability to reduce the rms errors of navigating determination in several times. Presented the way to solve this problem: developing and follow the standarts of calibration GLONASS equipments navigational.

Ключевые слова. ГЛОНАСС, навигационная аппаратура потребителя, экспериментальная оценка, погрешность, калибровка.

Key words. GLONASS, consumer navigation equipment, experimental evaluation, error, calibration.

Основная задача космического сегмента глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) решена – орбитальная группировка спутников системы ГЛОНАСС восстановлена. На сегодняшний день в ее составе насчитывается 31 спутник, из которых 24 задействованы по прямому назначению. Это позволяет покрывать навигационным сигналом территорию всего земного шара, а не только территорию России и осуществлять непрерывное всеобщее навигационно-временное обеспечение неограниченного количества потребителей в любой точке Земли с характеристиками, сравнимыми с GPS.

Развивается и наземный сегмент, для этого создаётся система дифференциальной коррекции и мониторинга (СКДМ) – широкозонная система дифференциальной коррекции глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, которая является дополнением к космическому сегменту указанной навигационной системы. Она охватывает все северное полушарие Земли с

помощью станций, построенных на территории России, в то же время необходимо построить в южном полушарии несколько дополнительных станций, чтобы обеспечение дифференциальными поправками было доступно в любой точке земного шара. Для передачи этой информации создаются наземные каналы связи и вводится система космической многофункциональной ретрансляции на базе КА «Луч». Таких спутников планируется запустить три. Первый «Луч-5А» уже находится на околоземной орбите и скоро будет переведен в заданную точку стояния, на июнь 2013 г. запланированы тестовые испытания данного аппарата [1].

Важным направлением работ в настоящее время является наращивание пользовательского сегмента ГЛОНАСС, создание конкурентоспособной отечественной навигационной аппаратуры потребителей (НАП), работающей с сигналами российской спутниковой навигационной системы.

*Жиганов Кирилл Александрович – магистрант кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств, Московский государственный технический университет (Московский институт радиотехники, электроники и автоматики);
Яковлев Вадим Евгеньевич – аспирант кафедры технических и информационных средств систем управления, Московский государственный технический университет (Московский институт радиотехники, электроники и автоматики);
Катков Сергей Александрович – начальник сектора филиала «Прецизионного навигационно-баллистического обеспечения» ОАО «НПК «СПП», тел. 8-926-562-32-12.*

*Zhiganov Kirill – undergraduate student in the chair of design and production of radio-electronic veans, Moscow state technical university (Moscow institute of radio engineering, electronics and automatics);
Yakovlev Vadim – postgraduate student in the chair of the technical and information tools of control systems, Moscow state technical university (Moscow institute of radio engineering, electronics and automatics);
Katkov Sergey – head of sector branch "Precision navigation and ballistic support" of JSC «SPC «SPP», tel. 8-926-562-32-12.*

Для решения многих задач транспортных систем (железнодорожных, автомобильных, авиационных), землеустройства, картографирования и других отраслей экономики требуются высокие точности навигационных определений.

При реализации системой ГЛОНАСС метровых точностей навигационного поля одним из основных источников погрешностей позиционирования на местности являются погрешности, обусловленные наличием систематических погрешностей навигационной аппаратуры потребителей. Наличие таких погрешностей объясняется не только проблемами с эталонной базой проведения калибровок бортовой аппаратуры навигационных космических аппаратов (НКА) и НАП, но и является неизбежным из-за того, что невозможно обеспечить идентичность реальных условий работы навигационной аппаратуры и условий её функционирования при проведении стендовых калибровок [2].

В результате анализа статистики, накопленной в течение нескольких лет при выполнении технологических циклов функционирования системы высокоточного определения эфемерид и временных поправок (СВОЭВП) системы ГЛОНАСС, выявлены рассогласования полученных экспериментально и формулярных значений задержек для однолитерных НКА на уровне 1 метра. Разность систематических погрешностей, обусловленных неточностями калибровки, двух комплектов беззапросной измерительной вычислительной системы (БИВС) отдельного командно-измерительного комплекса системы ГЛОНАСС, оснащенных широкополосным имитатором навигационного сигнала, достигает 4 метров. Для штатной навигационной аппаратуры потребителя эта погрешность достигает еще больших значений (4...25 метров).

Следует отметить, что погрешности определения местоположения потребителя зависят как от погрешностей навигационной аппаратуры потребителя, так и от погрешностей калибровок опорного беззапросного измерительного средства (ОБИС) - навигационной аппаратуры, по измерениям которой рассчитывались частотно-временные поправки (ЧВП) НКА. То есть существенными являются погрешности, обусловленные относительными погрешностями калибровок навигационной аппаратуры в зависимости от литерной частоты сигнала, передаваемого НКА.

Средняя по НКА (литерам) абсолютная погрешность калибровок ОБИС приведет к эквивалентному смещению системной шкалы, наблюдаемой потребителем. Средняя по НКА (литерам) абсолютная погрешность калибровок навигационной аппаратуры при опре-

делении своего местоположения окажется включенной в поправку к шкале времени приемника. Относительные погрешности калибровок ОБИС и НАП можно интерпретировать как эквивалентную рассинхронизацию шкал времени НКА.

Следовательно, если бы потребитель был оснащен навигационной аппаратурой, используемой в ОБИС, то поправки, обусловленные погрешностью калибровок ОБИС и внесенные в ЧВП НКА, были бы компенсированы идентичной погрешностью калибровок потребителя. Таким образом, если будут определены и учтены поправки к калибровкам НАП относительно калибровок ОБИС, то погрешности местоопределения навигационной аппаратуры, обусловленные погрешностями калибровок ОБИС и навигационной аппаратуры потребителя, будут компенсированы.

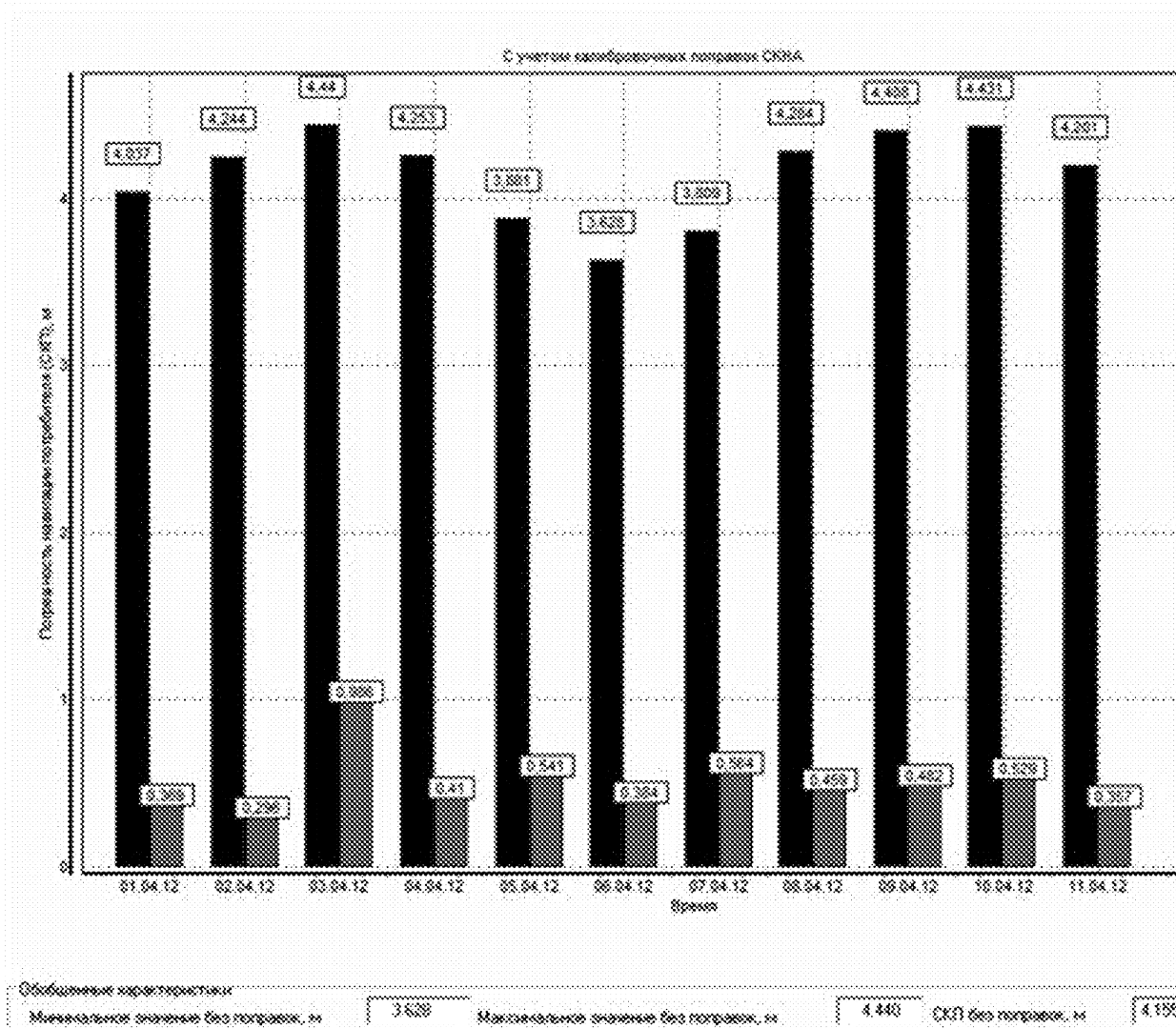
Использование калибровочных данных позволяет существенно снизить систематические погрешности измерений навигационной аппаратуры и, следовательно, значительно повысить точность навигации.

Эффект повышения точности навигации подтверждается экспериментальными данными, представленными на рисунке, где показаны среднеквадратические погрешности навигации потребителя, полученные с 1 по 12 апреля 2012 года для навигационной аппаратуры наземного комплекса управления системы ГЛОНАСС, без учета калибровочных поправок (верхний ряд цифр) и с учетом калибровочных поправок (нижний ряд цифр).

Из рисунка видно, что значения погрешности навигационной аппаратуры потребителя без учета калибровочных поправок составляют значения от 3,6 до 4,4 м, в то время как с учетом калибровочных поправок - от 0,3 до 1 м. Следовательно, выигрыш от использования калибровочных поправок НАП составил в среднем около 8 раз.

При таком подходе учета поправок к калибровкам НАП относительно калибровок ОБИС определяющим окажется стабильность задержек в навигационной аппаратуре.

Очевидно что при низкой стабильности систематических погрешностей НАП калибровка малоэффективна, ввиду того что рассчитанные калибровочные поправки перестанут быть актуальными спустя незначительный промежуток времени. При высокой же стабильности систематических погрешностей введения калибровочных поправок в алгоритмы обработки данных навигационных измерений может хватить для удовлетворения высоких требований к точности позиционирования на весь срок службы навигационной аппаратуры потребителя.



Сравнительная точность НАП без учета и с учетом калибровочных поправок

Нередко систематические погрешности навигационной аппаратуры достаточно стабильны на длительном промежутке времени, спустя который потребуется повторная калибровка. В этом случае остро встает вопрос экономической эффективности проведения непосредственной калибровки навигационной аппаратуры.

К сожалению, существующая методика калибровки не адаптирована на использование при массовом производстве НАП. В связи с чем возникает необходимость разработки схемы применения методики калибровки в массовом производстве НАП.

Авторами предлагается следующая схема применения методики удаленной калибровки на производстве НАП:

1. Производится выборочное статистическое наблюдение за экземплярами серии НАП.
2. Устанавливается степень стабильности систематических погрешностей внутри серии НАП.
3. Калибровка внутри серии применима в случае,

если среднее квадратическое отклонение (СКО) систематических погрешностей ниже, чем оценка математического ожидания указанных погрешностей.

4. На основании экспериментальной оценки скорости нарастания систематической погрешности в течение заданного интервала времени устанавливается необходимая частота калибровки НАП для поддержания требуемых в техническом задании (ТЗ) на создание НАП точностных характеристик навигационных определений.

5. Производится сравнение характеристик стабильности систематических погрешностей между сериями НАП. Если калибровки между сериями похожи (уровень СКО систематических погрешностей между сериями НАП меньше требуемого в ТЗ уровня их точности), устанавливается возможность применения общих калибровок для НАП рассмотренных серий.

6. В случае если стабильность калибровок мала, предлагается проведение дополнительного длительного комплекса испытаний для установления закона измене-

ния систематических погрешностей, с целью уменьшения необходимой частоты калибровки НАП.

Предложенная схема применения удаленной калибровки НАП позволит существенно (как видно из рисунка примерно в 8 раз) снизить среднеквадратическую погрешность навигационных определений на основе ГНСС за счет удаленного использования ОБИС системы

ГЛОНАСС.

Путь решения выявленной проблемы необходимости калибровки НАП видится в разработке и соблюдении ГОСТ по калибровке навигационной аппаратуры потребителей системы ГЛОНАСС, над которым активно работают авторы.

Литература

1. Федеральное космическое агентство. Информационно-аналитический центр. <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/GLONASS/>.
2. РКС планомерно повышает точность сигнала системы ГЛОНАСС. http://position-news.ru/2012/04/roskosmos_improve_glonass_assurasy.

Материал поступил в редакцию 28. 07. 2012 г.