

УДК 621.396

© Чаплинский В.С., Макаров М.И., Меньшиков В.А., Макатров А.С., Богданов С.А., Герастовский В.Ф., Махненко Ю.Ю., Прут В.И., Коновалов В.П., Шаститко В.А.

Chaplinsky V., Makarov M., Menshikov V., Makatrov A., Bogdanov S., Gerastovskiy V., Mahnenko Y., Prut V., Konovalov V., Shastitko V.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ОРБИТ ВЫВЕДЕНИЯ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ВЫСОКОЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ,
ГЕОПЕРЕХОДНЫЕ И ГЕОСТАЦИОНАРНЫЕ ОРБИТЫ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**MAINTENANCE OF THE OPERATIVE CONTROL OF ORBITS OF DEDUCING
OF SPACE VEHICLES IN HIGHLY ELLIPTIC, GEOTRANSITIVE
AND GEOSTATIONARY ORBITS WITH USE OF SPACE NAVIGATING SYSTEMS**

Аннотация. Обосновывается возможность оперативного навигационного контроля космических аппаратов и разгонных блоков с использованием бортовой навигационной аппаратуры потребителей космической навигационной системы ГЛОНАСС на орбитах полёта выше зоны сплошного навигационного поля.

Annotation. Possibility of the operative navigating control of space vehicles and dispersal of blocks with use of onboard navigating equipment of consumers of space navigating system GLONASS in orbits of flight above a zone of a continuous navigating field is proved.

Ключевые слова. Космический аппарат, разгонный блок, космическая навигационная система, навигационная аппаратура потребителей, навигационное поле, навигационный контроль.

Key words. Space vehicle, dispersal the block, space navigating system, navigating equipment of consumers, a navigating field, the navigating control.

Исходные предпосылки

Орбитальная структура средневысотных космических навигационных систем (КНС) ГЛОНАСС/GPS с высотой орбит порядка 20 тыс.км [1] позволяет формировать сплошное радионавигационное поле (РНП) до высот 2-4 тыс.км над поверхностью Земли.

Траектории полёта низкоорбитальных КА и

ракет-носителей (РН) расположены в зоне сплошного радионавигационного поля, поэтому бортовая навигационная аппаратура потребителей (НАП) КНС находится в наилучших условиях наблюдения космических навигационных аппаратов. Для решения навигационной задачи с использованием существующих образцов НАП необходимо минимальное созвездие из 4 навигацион-

Чаплинский Владимир Степанович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ КС имени А.А. Максимова-филиала ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева», тел. 8(495)502-83-40;

Макаров Михаил Иванович – доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»-директор НИИ КС имени А.А. Максимова-филиала ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева»;

Меньшиков Валерий Александрович – доктор технических наук, профессор, советник генерального директора ОАО «Российские космические системы»;

Макатров Александр Сергеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора НИИ КС имени А.А. Максимова-филиала ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева»;

Богданов Сергей Анатольевич – начальник комплекса НИИ КС имени А.А. Максимова-филиала ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева»;

Герастовский Вячеслав Федорович – заместитель начальника комплекса НИИ КС имени А.А. Максимова -филиала ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева»;

Махненко Юрий Юрьевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий специалист ГП «Космическая связь»;

Прут Василий Иванович – кандидат технических наук, начальник отдела НИИ КС имени А.А. Максимова-филиала ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева»;

Коновалов Владимир Петрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник НИИ КС имени А.А. Максимова-филиала ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева»;

Шаститко Василий Александрович – инженер, старший научный сотрудник НИИ космических систем имени А.А. Максимова-филиала ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева».

ных КА (НКА), одновременно находящихся в зоне видимости объекта (КА, РН). При полностью развёрнутой орбитальной группировке КНС ГЛОНАСС и/или GPS в зоне видимости КА и РН находится избыточное «созвездие» НКА (12-14 навигационных аппаратов), по навигационным сигналам которых, принимаемых с верхней полусферы, могут проводиться навигационные определения в любой момент времени полёта.

При выведении КА на высокие орбиты, в том числе высокоэллиптические, геопереходные и геостационарные, из-за ограниченной ширины диаграммы направленности антенн навигационных КА, отсутствия излучения радиосигналов с НКА в верхнюю полусферу, а также радиотени вследствие экранирующего влияния Земли число наблюдаемых НКА с увеличением высоты полёта разгонного блока (РБ) и КА становится меньшим минимально необходимого для оперативного определения полного состава параметров движения разгонного блока. Возникает пространственно-временная дискретность радионавигационного поля КНС (дискретное навигационное поле), при которой задача оперативного навигационного определения РБ и КА не может решаться с использованием существующих образцов НАП.

Для ряда космических объектов (геостационарных КА, разгонных блоков при выводе КА на геопереходные и геосинхронные орбиты, а также на суперсинхронные орбиты с апогеем до 110 тыс.км, перспективных космических буксиров, верхнего яруса орбитальной группировки КА наблюдения и т.д.) навигационную задачу необходимо решать при их нахождении выше КНС ГЛОНАСС/GPS, т.е. за пределами сплошного РНП. Так как НКА передают сигналы только в сторону Земли, то приём навигационных

сигналов на высокоорбитальных КА оказывается возможным лишь с единичных НКА, не затенённых Землёй.

Чтобы решались навигационные задачи в дискретном навигационном поле, потребуется создание новых образцов НАП с передачей на наземные пункты непосредственно измеряемых навигационных параметров в НАП. При этом потребуется повысить коэффициент усиления бортовых антенн НАП для приема навигационных сигналов на больших дальностях с НКА, находящихся с противоположной стороны Земли, а стабильность частоты бортовых генераторов, используемых в НАП, должна обеспечивать редуцицию разновременных измерений.

Способ решения проблемы

Создание навигационного поля на больших высотах возможно альтернативным путём, без изменения требований к НАП, – с использованием идеи «псевдонавигационных спутников» (ПНС), размещённых на поверхности Земли и излучающих сигналы в верхнюю полусферу. Аппаратура ПНС должна быть идентичной аппаратуре НКА по частотам, видам модуляции, передаваемой информации и должна работать строго синхронно с орбитальной группировкой ГЛОНАСС и её наземной инфраструктурой, образуя единую космическо-наземную навигационную систему. ПНС располагаются на земной поверхности в фиксированных точках, поэтому их «эфемеридные» ошибки в передаваемых навигационных сигналах пренебрежимо малы. Учитывая большое удаление контролируемых космических объектов, а также технические параметры бортовой навигационной аппаратуры, включая антенные устройства, предназначенной для ра-

Chaplinsky Vladimir – dr.sci.tech., the professor, the main scientific employee Principal Research Scientist AA. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center, Phone: 8(495)502-83-40;

Makarov Michael – dr.sci.tech., the professor, the assistant to the general director FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center - the director Principal Research Scientist AA. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center;

Menshikov Valery – dr.sci.tech., the professor, the adviser of the general director OPEN SOCIETY «The Russian space systems», Phone: 8(495) 515-60-40;

Makatrov Alexander – cand.tech.sci., the senior scientific employee, the deputy director Principal Research Scientist AA. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center;

Bogdanov Sergei – the chief of a complex Principal Research Scientist AA. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center;

Gerastovskiy Vyacheslav – the deputy chief of a complex, Principal Research Scientist AA. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center;

Mabnenko Yuri – dr.sci.tech., the main scientific employee, the leading expert, outer-space communication, SE «Outer-space communication»;

Prut Vasily – cand.tech.sci., the chief of department, Principal Research Scientist AA. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center;

Kononov Vladislav – cand.tech.sci., the main scientific employee Principal Research Scientist AA. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center;

Sbastitko Vasily – the engineer, the senior scientific employee Principal Research Scientist AA. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of FSUE Khrunichev State Research and Production Space Center.

боты в сплошном навигационном поле КНС, для навигационных сигналов ПНС, принимаемых РБ и КА, должна обеспечиваться плотность потока мощности, соответствующая работе НАП в сплошном навигационном поле.

ПНС целесообразно разносить по долготе и широте в северном и южном полушарии для дополнения навигационного поля на высотах более 20 тыс.км для космических объектов в некотором диапазоне наклонений (примерно от $+50^\circ$ до -50°).

При ограничениях на размещение ПНС на зарубежных территориях следует рассматривать их установку на пунктах наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ) КА, учитывая условия обеспечения видимости РБ на типовых орбитах выведения КА и при выведении КА на геостационарную орбиту. В частности, для типовых схем выведения КА на геопереходную орбиту (с промежуточной и переходной орбитами) и без промежуточной орбиты и непосредственно на геостационарную орбиту на всех участках полёта вне штатно формируемого сплошного навигационного поля обеспечивается возможность приёма дополнительных навигационных сигналов с необходимого числа наземных пунктов.

Достаточный уровень плотности потока мощности навигационного сигнала для нормальной работы бортовой НАП на максимальных удалениях может быть обеспечен при работе псевдонавигационных спутников на параболическую антенну с диаметром раскрытия 30 см. Диаграмма направленности такой антенны составляет примерно 35 градусов. Следовательно, потребуется управление диаграммой направленности, которое может

быть выполнено в режиме программного наведения антенны ПНС.

Заключение

Создание космическо-наземной системы навигации обеспечит использование бортовой НАП на всех участках полёта КА и РБ:

- для навигационного обеспечения полета КА различного целевого назначения на геостационарной и высокоэллиптической орбитах;
- позволит исключить из состава бортовых средств разгонных блоков бортовые приёмо-ответчики, работающие совместно с наземными системами для траекторных измерений и в целом уменьшить вес и энергопотребление обеспечивающей аппаратуры в интересах повышения энергетических возможностей разгонных блоков;
- при выведении КА на геопереходные и геостационарные орбиты повысит надёжность и достоверность определения параметров орбиты при возникновении нештатной ситуации на участке полёта выше сплошного навигационного поля;
- существенно ослабит загрузку командно-измерительных средств НАКУ.

В перспективе окажется возможным включение бортовой НАП в состав терминальной системы управления в качестве средства внешнетраекторных измерений на всех участках полёта РБ, включая завершающий участок выведения КА.

Литература:

1. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС, под ред. В.Н. Харисова и др., - МИПРЖР, 1998.

Материал поступил в редакцию 19. 04. 2013 г.