УДК 621.395

О НЕОБХОДИМОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБСЛУЖИВАЕМОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНИС

А. С. Аджемов, ректор МТУСИ, д.т.н.; mtuci@mtuci.ru
С. Л. Мишенков, профессор МТУСИ, д.т.н.; rn3aa@yandex.ru
Н. И. Смирнов, профессор МТУСИ, д.т.н.; smirnov.ni@yandex.ru
В. Д. Кусков, ведущий научный сотрудник Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского (РАКЦ), к.т.н.; kvd-nel@mail.ru
Е. Л. Новикова, научный сотрудник РАКЦ; kvd-nel@mail.ru

Исследуются пути преодоления противоречий в развитии информационных технологий. Выявлены основные тенденции развития устойчивых высокоинформативных технологий в космосе и на Земле. Показана целесообразность их системной интеграции в рамках проектируемой государственной многофункциональной наземно-космической навигационно-информационной обслуживаемой системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН, что позволит вывести информационную систему России на новый инновационный путь развития.

Ключевые слова: *Глобальная наземно-космическая навигационно-информационная обслуживаемая система, ГЛОНИС, многоразовая авиационно-космическая подсистема, КОСМОПЛАН, информатизация сфер социального развития, информационное общество.*

Введение. Сегодня, как известно, продолжается бурное развитие различных наземных средств связи, включая сотовые фиксированные и мобильные системы связи, а также волоконно-оптические системы передачи. Кроме систем наземной связи, функционирует орбитальная группировка спутников-ретрансляторов как на геостационарной, так и на эллиптических орбитах. Однако спутниковые системы, использующие космические аппараты (КА) на геостационарной орбите (высота около 40 000 км), имеют два физически непреодолимых недостатка:

- время распространения сигнала от Земли до КА и обратно составляет около 1 с, и, хотя это не нарушает передачу сигналов звукового и телевизионного вещания, телефонные разговоры в этом случае весьма затруднены и целесообразны лишь при отсутствии другого способа связи;
- при использовании КА на геостационарной орбите не обеспечивается надежная связь для территорий земного шара, расположенных выше 72° северной и южной широты.

Поэтому необходимо изучить возможность использования для предоставления услуг связи КА, расположенных на более низких орбитах, в том числе на тех, где функционирует навигационная система ГЛОНАСС на высоте $H = 19100$ км.

Поскольку разработка, изготовление и тестирование аппаратуры тяжелого КА обычно занимает не менее пяти лет, время эксплуатации КА рассчитывается на 15 лет и более, между тем как наземные телекоммуникационные технологии непрерывно модернизируются и практически заменяются через 5–8 лет эксплуатации. Таким образом, КА вынуждены использовать устаревшие технологии в течение 10 лет.

Кажущаяся экономическая выгода от продления срока эксплуатации КА определяется значительной стоимостью его доставки на орбиту, но при этом не учитывается возможность экономии в результате внедрения новых перспективных технологий. Очевидно, что снижение стоимости запуска и отработка технологии замены отдельных блоков или целиком КА должны значительно повысить экономические показатели использования космических систем в целом.

Другой существенный недостаток применяемых сегодня космических систем различного назначения — их разобщенность, независимость друг от друга, что приводит к дублированию решаемых задач и, как следствие, к увеличению суммарной стоимости всех космических программ. В соответствии с мировой тенденцией экономии средств в космическом сегменте необходимо рассмотреть возможность конвергенции большинства спутниковых служб и устанавливаемого оборудования как на КА, так и на Земле, т.е. конвергенции спутниковых служб связи и вещания, навигации, служб дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и научных космических исследований, метеорологической и радиоастрономической служб со спутниковой службой стандартных частот и сигналов точного времени.

Кроме того, в настоящее время космические системы недостаточно участвуют в телекоммуникационном и информационном обеспечении гражданского общества, решении проблем безопасности РФ.

Многообразие развивающихся разноплановых телекоммуникационных технологий выдвинуло необходимое требование их интеграции на системном уровне в структуре интегрированной многофункциональной наземно-космической навигационно-информационной обслуживаемой системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН, предложенной для обсуждения в [2].

Главным фактором, определяющим возможность создания и функционирования этой системы, является переход к эксплуатируемым, т.е. к обслуживаемым космическим системам на основе авиационно-космических многоразовых систем с горизонтальным стартом и наземной посадкой КОСМОПЛАН [8]. Разработка комплексной системы ГЛОНИС–КОСМОПЛАН позволит осуществить инновационный скачкообразный переход на качественно новый путь развития информационных систем и средств доставки КА на орбиту и возвращения их на Землю [9].

Назначение системы. Проектируемая система ГЛОНИС-КОСМОПЛАН [2] должна обеспечивать информатизацию всех сфер социального развития общества [3], для чего реализуются следующие функции, задачи и цели:

- государственное управление на всех уровнях на всей территории России;

- высокоточное координатно-временное обеспечение (КВО) для навигации, передачи сигналов точного времени и синхронизации разнесенных фазосинхронных систем;
- глобальная ретрансляция сигналов наземных систем связи;
- дистанционное зондирование поверхности Земли, наблюдение за процессами, происходящими на Земле и в околоземном пространстве, включая решение оборонных задач;
- информационное обеспечение северных и арктических районов России.

Высокая надежность функционирования системы ГЛОНИС–КОСМОПЛАН достигается созданием эксплуатируемого космического сегмента на основе авиационно-космической подсистемы (АКС), предназначенной для выведения КА на орбиту и съема его с орбиты для ремонта и модернизации в наземных условиях, а также для повторного запуска отремонтированных КА. Время функционирования КА до модернизации определяется периодичностью смены технологий наземных систем.

Важно отметить, что ремонт КА в наземных условиях позволяет с высокой надежностью выявить причины отказов и своевременно предусмотреть их устранение в будущем.

Ретроспективный анализ развития информационных технологий. Среди главных направлений устойчивого развития в сфере высокоинформативных технологий на длительном прогнозируемом интервале (более 30–50 лет) можно выделить:

- *в космосе* — высокоточное координатно-временное обеспечение КА на основе использования заатмосферного звездного базиса, превышающее достигнутый уровень точности на 1,5–2 порядка, т.е. более чем в 50 раз по сравнению с существующими навигационными системами ГЛОНАСС и GPS (и, что весьма важно, без использования наземных станций коррекции, которые размещаются по всему земному шару и не подконтрольны России);
- *на Земле* — системы радиосвязи, включая мобильные, имеющие уже стабильный долгосрочный прогноз развития.

Интеграция указанных наземных и космических технологий позволяет сформировать облик перспективной многофункциональной наземно-космической навигационно-информационной обслуживаемой системы навигации, связи, наблюдения и управления [4, 5] (рис. 1).

Очевидно, что столь актуальная сегодня проблема информатизации социальной сферы останется таковой и в следующем десятилетии с учетом все возрастающей номенклатуры потребностей общества в услугах ИКТ и их количественных показателей.

Информационное сопряжение космического сегмента системы ГЛОНИС–КОСМОПЛАН с постоянно действующими наземными информационными системами обуславливает требование чрезвычайно высокой надежности функционирования КА на орбите. Это может быть достигнуто, как показано выше, благодаря профилактическому обслуживанию и модернизации КА в стационарных условиях ремонтного завода на Земле.

Структура системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН. Система должна состоять из следующих основных элементов (рис. 2): орбитальной группировки (ОГ) КА системного верхнего уровня на высоте $H = 19\,100$ км; ОГ целевых КА нижнего уровня на высоте $H = 900$ км; комплекса наземных средств управления, съема, обработки и доставки информации; подсистемы обеспечения эксплуатации орбитальных группировок КА верхнего и нижнего уровней, т.е. АКС.

Оптимальная структура группировки КА верхнего уровня будет состоять из 60 КА (в пределе), которые распределяются в 12 орбитальных плоскостях, разнесенных на 30°, по 5 КА в каждой.

Пути реализации системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН. Представляется целесообразным использование уже разработанных проектов, выполненных на основе инновационных

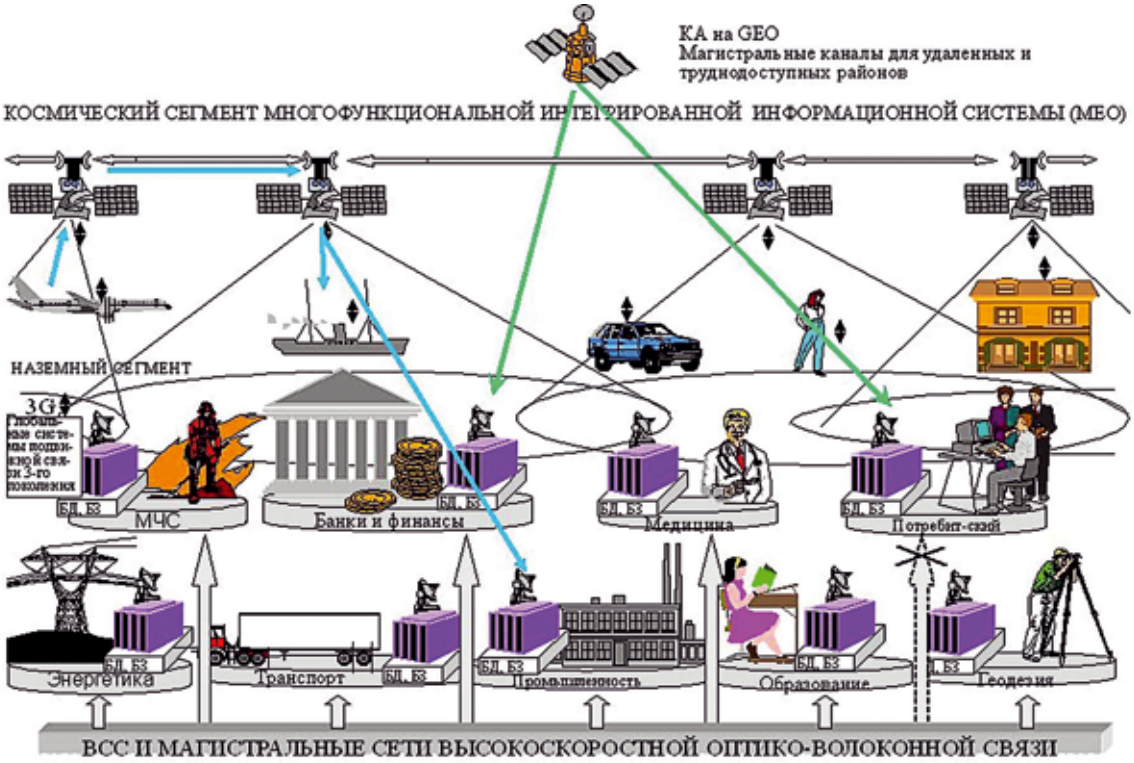

Рис. 1. **Структура единого информационного пространства России**

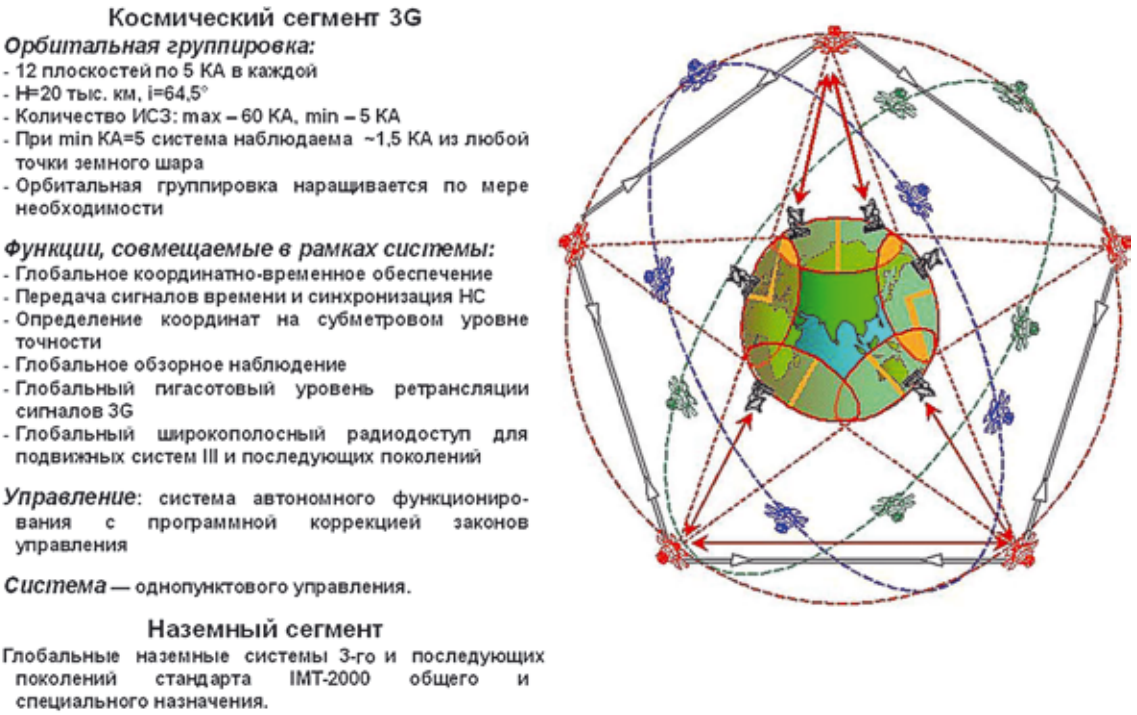

Рис. 2. **Структура системы ГЛОНИС**

космических технологий ведущих российских предприятий. К ним относятся: многоразовая АКС КОСМОПЛАН, орбитальная группировка КА средневысотного уровня на высоте $H = 19\,100$ км, на которой функционирует навигационная система России ГЛОНАСС, система эксплуатации орбитальной группировки КА и системы в целом, многочисленные наземные информационные подсистемы связи, скоординированные общим системным проектом.

Для КА предлагается использовать уже созданную платформу «Навигатор» производства НПО им. С. А. Лавочкина (рис. 3) со следующими параметрами: максимальная масса — 1500 кг, включая массу платформы (700 кг), массу полезной нагрузки (500 кг), массу заправочного топлива (150 кг); ориентация — трехосная; точность стабилизации — 0,36 угл.с./с.; максимальная потребляемая энергия — 3500 Вт; срок активного существования — более 10 лет.

Система эксплуатации ГЛОНИС-КОСМОПЛАН обеспечивает: многократное использование каждого КА после плановой модернизации и техобслуживания в наземных условиях ремонтного завода; съем КА с орбиты системой выведения и возврата КА при помощи АКС для модернизации через 5–8 лет. На рис. 4 представлен внешний вид аппарата КОСМОПЛАН.

Постановка проблемы выведения и возврата КА для их обслуживания на Земле применительно к системе ГЛОНИС-КОСМОПЛАН обусловлена рядом причин. Прежде всего необходимо согласование во времени функционирования оборудования космического и наземного сегментов с периодичностью его модернизации ~5 лет, что определяется жизненным циклом наземных систем связи. Решить данное противоречие между тенденцией создания КА со сроком службы ~15 лет и необходимостью модернизации с 5-летним периодом можно, только решив проблему возврата КА с помощью АКС для их модернизации и ремонта в наземных условиях.

Реализация системы возврата КА для обслуживания в наземных условиях снижает более чем в 50 раз расходы на выведение КА на орбиту в системе ГЛОНИС-КОСМОПЛАН по

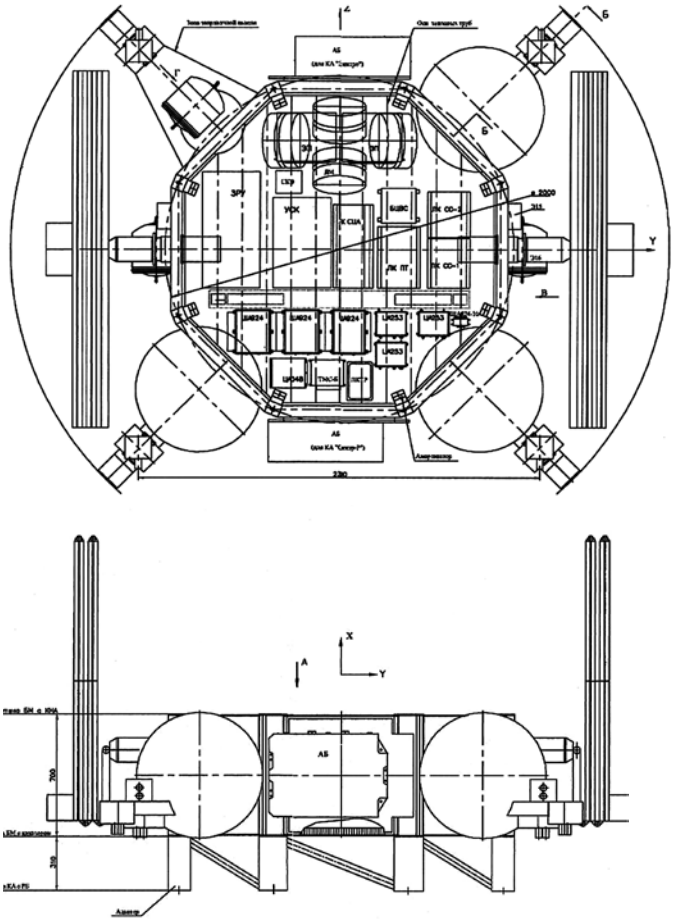

Рис. 3. **Облик платформы «Навигатор»**

Рис. 4. **Многоразовый транспортный воздушно-космический аппарат горизонтального старта и посадки в подсистеме АКС**

сравнению с однократным выведением КА на отрезке времени в 25 лет, так как созданный наземно-космический аппарат КОСМОПЛАН можно многократно эксплуатировать на протяжении десятков лет.

Приведенный перечень причин, показывающих необходимость перехода к обслуживаемым космическим системам, совпадает с тенденциями развития облика авиационно-космических аппаратов.

Основы концепции системы КОСМОПЛАН с горизонтальным стартом. Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие требования к системе.

1. Многоразовая транспортная авиационно-космическая система (МТ АКС) должна обеспечивать выведение КА на рабочие орбиты и снятие их с орбит с доставкой на Землю в диапазоне высот от 200 до 36000 км; выведение на опорную орбиту $H = 200$ км полезных грузов массой до 40 т.

2. МТ АКС в двухступенчатом варианте должна использоваться в случае, когда масса полезного груза, выводимого на орбиту $H = 20000$ км с возвращением его на Землю, составляет не менее 7,5 т (5 КА по 1,5 т).

3. Взлет МТ АКС должен осуществляться с аэродромов I класса, а посадка — на полосу аэродромов I и II классов.

4. МТ АКС должна базироваться на технологической инфраструктуре функционирующего авиационно-ремонтного завода самолетов тяжелого класса.

5. Планер МТ АКС должен использоваться до ремонта не менее 300 раз.

6. Время подготовки МТ АКС к повторному полету не должно превышать 10 дней.

Функционирование системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН. Модульный принцип построения КА следует из многофункциональной компоновки системы ГЛОНИС–КОСМОПЛАН в целом. Функциональные модули на КА несут функции и включают аппаратуру всех основных подсистем: космического КВО, межспутниковой связи, связи Земля–КА, наблюдения, высокоскоростных квантово-оптических коммутаций и коммуникаций.

Технологии, закладываемые в основу штатного функционирования системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН, в соответствии с исходным замыслом являются технологиями автономного функционирования, позволяющими выполнять целевые задачи независимо от прямого участия человека в контуре управления подсистемами и системой в целом. В системе ГЛОНИС-КОСМОПЛАН предполагается реализация принципа автономного функционирования с управлением по данным телеметрического контроля и вторичного измерительного контура средствами наземного контура управления (НКУ) [7].

Информационная часть системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН состоит из двух основных подсистем. Наземная информационная подсистема систем радиосвязи включает мобильные системы, базирующиеся на сетях РРЛ и волоконно-оптических системах передачи. В наземной подсистеме реализуются все модули и формы инфокоммуникаций, действующих в рамках информационных оптоволоконных сетей, которые в основном охватывают крупные города, районные центры и пока отсутствуют на большей части территории России с малой плотностью населения.

Космическая подсистема системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН обеспечивает принципиально новые системообразующие функции и решения, включающие информационные составляющие и не решаемые наземной подсистемой: государственное управление на всех уровнях на всей территории России; высокоточное КВО; навигацию, передачу сигналов времени и синхронизации разнесенных фазосинхронных систем, позволяющих увеличить пропускную способность каналов связи, в том числе спутниковых [6, 7]; дистанционное зондирование, наблюдение за процессами, происходящими на Земле, в околоземном и космическом пространстве; информационное обеспечение северных и арктических районов.

Выводы. Эффективная реализация глобальной многофункциональной наземно-космической навигационно-информационной обслуживаемой системы ГЛОНИС-КОСМОПЛАН возможна при выполнении ряда целевых проектов, структурированных и согласованных с общим системным проектом [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Львов Д. С., Глазьев С. Ю**. Теоретические и прикладные аспекты управления НТП // Экономика и математические методы.— 1986.— № 5.
2. **Аджемов А. С., Мишенков С. Л., Смирнов Н. И. и др.** Глобальная наземно-космическая информационная система ГЛОНИС: необходимость проектирования // Вестник ГЛОНАСС. Межотраслевой журнал навигационных технологий.— 2013.— № 4 (15).
3. **Смирнов Н. И., Кусков В. Д., Караваев Ю. А. и др.** Концепция построения глобальной спутниковой системы связи, навигации, мониторинга /Доклады II отраслевой НТК «Технологии информационного общества».— М.: Медиа Паблишер, 2008.
4. **Кусков В. Д., Новикова Е. Л.** Будущее космонавтики — в интеграции // Российский космос.— 2006.— № 5.
5. **Мишенков С. Л., Смирнов Н. И., Мельник С. В. и др.** Перспектива использования модернизируемой навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в качестве многофункциональной спутниковой системы //T-Comm.— 2011.— № 9.
6. **Шаргородский В. Д., Федотов А. А., Пасынков В. В. и др.** Система высокоточного определения эфемерид и временных поправок // Межотраслевой журнал навигационных технологий: Вестник ГЛОНАСС.— 2012 .— Октябрь.
7. **Аджемов А. С., Мишенков С. Л., Смирнов Н. И. и др.** Перспективы создания системы распределения сигналов точного времени на основе космической навигационной системы ГЛОНАСС // T-Comm.— 2010.— № 5.
8. **Аджемов А. С., Мишенков С. Л., Смирнов Н. И. и др**. О проектировании в России обслуживаемой глобальной наземно-космической информационной системы (ГЛОНИС) / Сб. докладов международного научно-технического семинара «Системы синхронизации формирования и обработки сигналов в инфокоммуникациях», 2 июля 2013 г., г. Ярославль.— М.: БРИЗ-М.
9. **Аджемов А. С., Мишенков С. Л., Смирнов Н. И. и др.** Современный взгляд на построение глобальной наземно-космической информационно-навигационной системы // T-Comm.— 2014.— № 4.

Получено 27.08.14