

СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДОСТУПА В ДИАПАЗОНАХ Ku и Ka НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ЗАПУСКА И НА ВЫСОКУЮ ЭЛЛИПТИЧЕСКУЮ ОРБИТУ, И НА ГЕОСТАЦИОНАРНУЮ ОРБИТУ

В настоящее время при создании большинства систем спутниковой связи (ССС) используются

специально (индивидуально) разработанные космические аппараты (КА), предназначенные для размещения в той или иной конкретной точке на геостационарной орбите (ГСО) или для запуска на высокоэллиптическую орбиту (ВЭО). Они проектируются для обслуживания определенной территории или для предоставления услуг на конкретной фиксированной зоне обслуживания.

В особенности это относится к современным СССР с высокой пропускной способностью КА, использующим многолучевые антенны (МЛА) с контурными зонами обслуживания.

Фактически здесь применяется принцип индивидуального («штучного») производства КА со всеми его достоинствами и недостатками.

К достоинствам следует отнести:

- максимально полный учет прогнозных потребностей заказчиков (как они видятся им на момент проектирования системы);
- использование устоявшихся технических решений, прошедших проверку временем.

К недостаткам следует отнести:

- высокую стоимость индивидуального проектирования и создания специализированного КА, достигающую для

Александр Белов – кандидат технических наук

Владимир Бобков - кандидат технических наук

Константин Борисов

Вячеслав Камнев - кандидат технических наук

Евгений Камнев - доктор технических наук, профессор

Вячеслав Медведев - кандидат физико-математических наук

современных СССР десятков и даже сотен млн USD;

- значительную длительность создания специализированных КА;
- невозможность полноценного использования специализированного КА в другой орбитальной позиции на ГСО, необходимость в которой возникает, например, для замены вышедшего из строя другого КА аналогичного назначения путем перемещения в нее рассматриваемого КА;
- невозможность изменения зоны обслуживания при изменении маркетинговой или политической обстановки;
- невозможность оперативного изменения (перераспределения) пропускной способности СССР при обслуживании отдельных регионов внутри существующей зоны обслуживания при изменении трафика.

Предлагается к реализации СССР с высокой пропускной способностью, работающая в диапазонах 11/14 ГГц (Ku) и 20/30 ГГц (Ka), лишенная указанных выше недостатков.

Эта СССР, предназначенная для предоставления пользователям широкополосных мультимедийных услуг, в т.ч. высокоскоростного доступа в Интернет,

многоканального ТВ и РВ, а также радиомониторинга, построена на использовании **унифицированных** КА, способных **полноценно** выполнять свои функции как из любой точки на ГСО, так и при работе на ВЭО.

Предлагаемая система позволит обслуживать всю видимую с КА подспутниковую зону, оперативно перераспределяя имеющуюся общую пропускную способность между различными регионами в зависимости от текущей потребности.

Становится возможным создание запаса КА на Земле в ожидании их возможного запуска при необходимости на ту или иную орбиту (потребности заказчика).

Отличие использования КА на разных орбитальных позициях заключается в модификации применяемого программного обеспечения (ПО) и небольшой доработке базовой конструкции КА (например, системы ориентации для ВЭО и ГСО).

Эта СССР основана на применении инновационных технических решений, защищенных российскими патентами RU 72 804 U1 от 27.12.2007 и RU 75 812 U1 от 18.03.2008 (авторы – Камнев Е.Ф. и др.), предусматривающих:

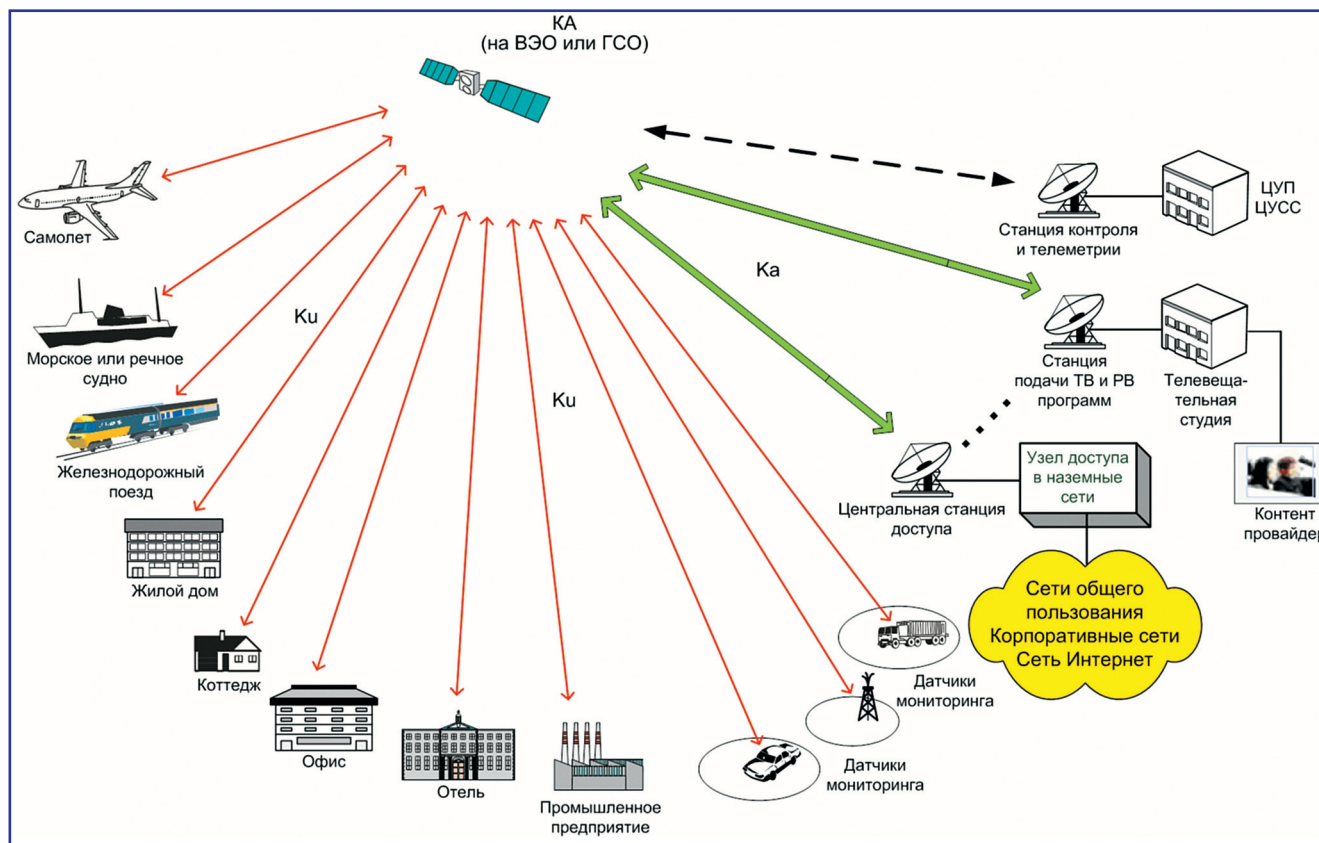


Рис. 1. Общая структура предлагаемой системы спутниковой связи

- использование в составе полезной нагрузки многоканальных фазированных антенных решеток (ФАР) – адаптивных на прием и с «прыгающим» лучом на передачу (режим пространственно–временного разделения каналов – ПВРК), что позволяет перераспределять нагрузку в зависимости от текущей активности пользователей;
- использование электронно управляемых ФАР на борту КА, что обеспечивает существенное повышение энергетического потенциала радиолиний из-за устранения «межлучевых» провалов, имеющих у обычных МЛА;
- использование ФАР, обеспечивающих пространственную помехозащиту радиолиний предлагаемой ССС по отношению к помехам от наземных источников на уровне 35 ÷ 70 дБ (в зависимости от типа обработки сигналов на борту КА);
- использование в составе малогабаритных земных станций (ЗС) предлагаемой ССС в качестве антенн ФАР с адаптивным наведением луча на КА, что позволяет легко их разместить и эффективно использовать, в т.ч. на подвижных объектах при работе с КА как на ВЭО, так и на ГСО.

Разработку и создание унифицированных КА для данной ССС предлагается вести с широким привлечением

передовых зарубежных фирм по космической тематике (таких как EADS Astrium, Thales Alenia Space и др.).

Состав и структура системы

В состав предлагаемой системы входят два сегмента:

- космический сегмент;
- земной сегмент.

Космический сегмент

В состав космического сегмента предлагаемой системы спутниковой связи входят:

- орбитальная группировка унифицированных космических аппаратов (КА) на высокоэллиптической орбите (ВЭО) и/или на геостационарной орбите (ГСО), а также резервные КА на Земле;
- автоматизированная система управления (АСУ) полетом космических аппаратов, находящихся на орбите, включающая в свой состав наземный комплекс управления (НКУ) полетом КА.

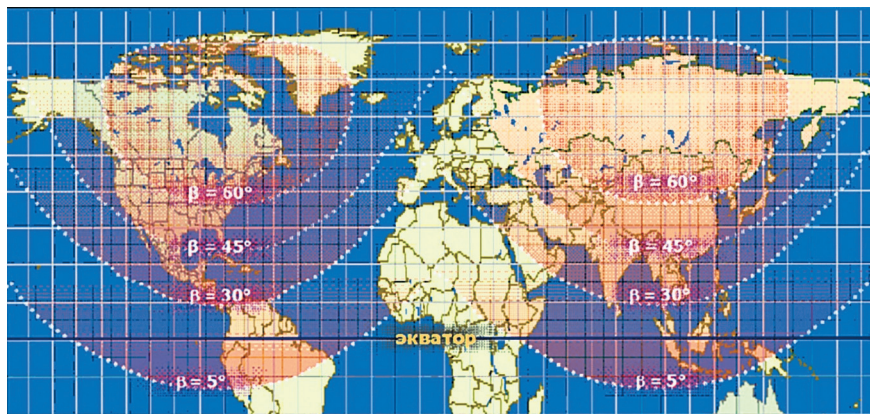
Для обеспечения запуска КА на орбиту ИСЗ должны привлекаться:

- средства выведения КА на орбиту;
- технические средства подготовки КА к пуску с космодрома;
- технические средства подготовки средств выведения к пуску.

Земной сегмент

В состав земного сегмента системы спутниковой связи входят:

- системные земные станции (ЗС) спутниковой связи, в т.ч.:
 - центральные земные станции спутниковой связи (ЦЗС), работающие в диапазоне частот 20/30 ГГц;
 - контрольные земные станции спутниковой связи, работающие в диапазонах частот 11/14 ГГц и 20/30 ГГц;
 - координирующие земные станции спутниковой связи (КЗС), работающие в диапазонах частот 11/14 ГГц и 20/30 ГГц;
- стационарные и подвижные мультимедийные абонентские земные станции спутниковой связи (АЗС) четырех классов, работающие в диапазоне частот 11/14 ГГц и 20/30 ГГц с различной пропускной способностью, в т.ч.:
 - малогабаритные и дешевые абонентские земные станции диапазона частот 11/14 ГГц с малой пропускной способностью (АЗС₁);
 - абонентские земные станции диапазона частот 11/14 ГГц с повышенной пропускной способностью (АЗС₂);
 - абонентские земные станции диапазона частот 11/14 ГГц со средней пропускной способностью (АЗС₃);
 - мультимедийные абонентские земные станции диапазона частот 20/30 ГГц с высокой пропускной способностью (МАЗС);
- центр управления спутниковой связью (ЦУСС), который является цент-



● Рис. 2. Гарантированные углы видимости КА на ВЭО вблизи апогея

ральным элементом автоматизированной системы управления связью (АСУС);

- оборудование присоединения/сопряжения ЦЗС с наземными сетями связи в центрах коммутации сетей общего пользования.

Структура системы. Информационный обмен

Структура предлагаемой системы спутниковой связи изображена на рис. 1.

В предлагаемой ССС предусматривается организация значительного количества независимых замкнутых сетей мультимедийной связи, телерадиовещания и спутникового радиомониторинга, использующих общий космический сегмент и ЦУСС, но собственный комплекс ЗС спутниковой связи и комплекс средств коммутации.

Информационный обмен в предлагаемой системе осуществляется через

абонентские линии в диапазоне 11/14 ГГц и фидерную линию в диапазоне 20/30 ГГц.

Космический сегмент при использовании КА на ВЭО

Орбитальная группировка в этом случае состоит из одного созвездия в составе четырех синхронизированных КА на ВЭО с апогеем в Северном полушарии. Тип орбиты – «Молния».

Время активной работы каждого КА на каждом витке – 6 часов.

Возможности обслуживания территории земного шара с орбиты типа «Молния» с апогеем над севером Сибири показаны на рис. 2.

Космический сегмент при использовании КА на ГСО

Для примера космический сегмент в данном случае полагаем состоящим из двух КА на ГСО с точками стояния 40° в.д. и 96,5° в.д.

Возможности обслуживания территории земного шара с КА в этих точках стояния показаны на рис. 3.

Космический аппарат

Унифицированный космический аппарат предлагаемой системы спутниковой связи предлагается строить по модульному принципу, ставшему к настоящему времени стандартным способом компоновки современных КА связи и вещания.

В его состав входят:

- полезная нагрузка (ПН), выполняющая основную целевую функцию КА – ретрансляцию радиосигналов ЗС по спутниковым линиям;
- космическая платформа (КП), выполняющая служебные функции, обеспечивающие возможность выполнения ПН своей целевой функции.

Космическая платформа

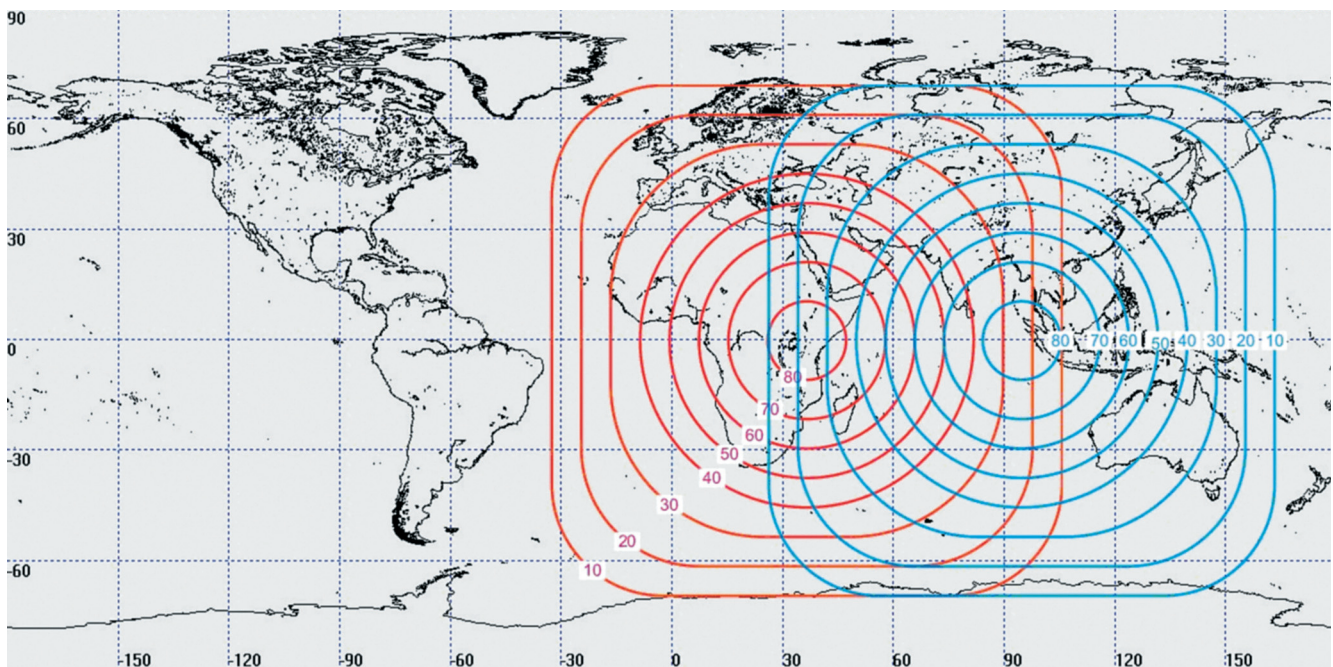
КА для рассматриваемой системы спутниковой связи предлагается разрабатывать на базе унифицированной космической платформы «Экспресс-2000» производства ОАО «Информационные спутниковые системы» им. М.Ф. Решетнева (г. Железногорск Красноярского края) с использованием современных системно-технических решений и современной элементной базы.

Возможно использование космических платформ других производителей, например, EADS Astrium, Thales Alenia Space и т.п.

Конструкция унифицированного КА в диапазонах Ku и Ka

Каждый такой КА включает в свой состав космическую платформу и аппа-

● Рис.3. Зоны обслуживания земного шара с КА на ГСО



ратурный контейнер с размерами 240 см x 240 см x 200 см для размещения активных аппаратных комплексов полезной нагрузки (в случае КА на ВЭО здесь также могут размещаться элементы защиты установленной в них радиоэлектронной аппаратуры от воздействия радиации при пролете КА на ВЭО через пояса Ван–Аллена).

Нижняя сторона аппаратного контейнера размером 240 см x 240 см (смотрит в сторону Земли) предназначена для установки передающих (20 ГГц) и приемных (30 ГГц) антенн аппаратного комплекса в Ка–диапазоне.

К четырем боковым стенкам аппаратного контейнера прикрепляются откидные плоские панели размером 400 см x 240 см x 5 см для установки антенн Ку–диапазона.

Вся эта конструкция (аппаратный контейнер и четыре откидные плоские панели) размещается под головным обтекателем (ГО) ракеты–носителя (РН).

В процессе запуска КА на орбиту после отделения ГО четыре плоские панели поворачиваются на 90°, и вся эта конструкция со стороны Земли выглядит так, как это показано на рис. 4.

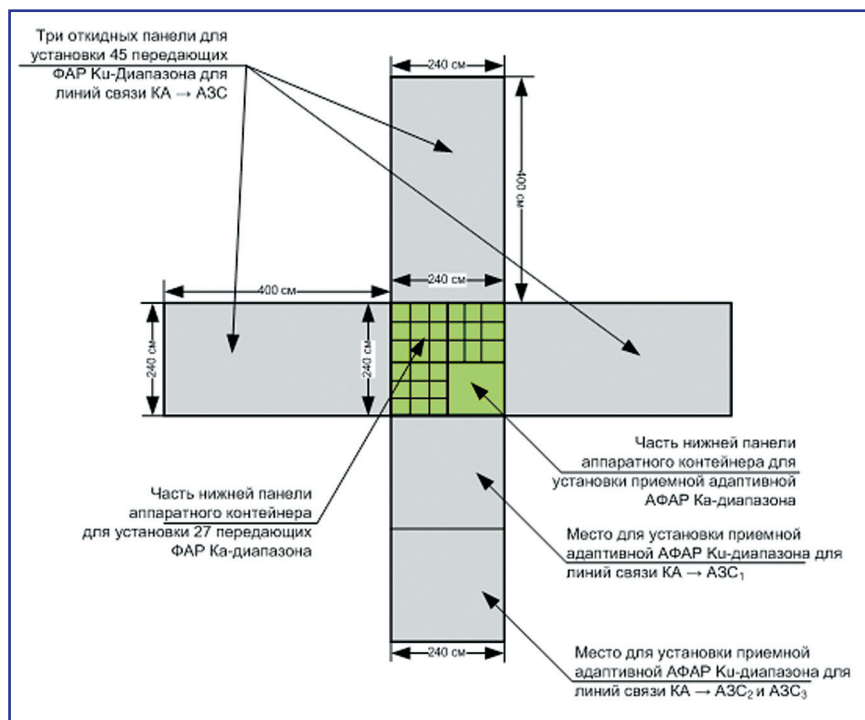
Полезная нагрузка КА (обобщенные параметры)

1) Передающие комплексы в диапазоне 11 ГГц

Для линий связи КА → абонентские земные станции (АЗС) в диапазоне 11 ГГц:

- 15 антенн на базе ФАР с размером 80 см x 80 см с мощностью передатчика каждой ФАР около 100 Вт для линий связи КА → АЗС₁;
- 30 антенн на базе ФАР с размером 80 см x 80 см с мощностью передатчика каждой ФАР около 50 Вт для линий связи КА → АЗС₂ и КА → АЗС₃;
- режим работы каждой ФАР – пространственно–временное разделение каналов (ПВРК) с быстрым «прыганием» узкого луча (2°x2°) в пределах всего угла обзора земной поверхности с КА (16° X 16°). Максимальное число позиций «прыгания» каждой ФАР – около 100 (100 «пятен» на земной поверхности, каждое размером около 1300 км x 1300 км).

По командам автоматизированной системы управления связью (АСУС) временные параметры ПВРК для каждой передающей ФАР могут изменяться – в соответствии с изменением трафика и условий обслуживания пользователей предлагаемой системы.



● Рис. 4. Расположение антенн полезной нагрузки на КА (вид со стороны Земли)

2) Приемные комплексы в диапазоне 14 ГГц

Для линий связи АЗС → КА в диапазоне 14 ГГц:

- 15–канальная адаптивная (время, частота, пространство) приемная АФАР с размером 240 см x 200 см (угол обзора земной поверхности – 0,5°x0,6°). Каждый из 15 каналов АФАР (для приема сигналов от АЗС₃) имеет 750 ветвей пространственного разнесения (каждая с углом обзора земной поверхности 16°x16°) с аналоговой обработкой сигналов этих ветвей с использованием «когераторов» с полосой пропускания около 70 МГц (уровень подавления помех от наземных источников около 30 – 35 дБ);
- 5–канальная адаптивная (время, частота, пространство) приемная АФАР с размером 240 см x 200 см. Каждый из 5 каналов АФАР (для приема сигналов от АЗС₂) имеет 750 ветвей пространственного разнесения (каждая с углом обзора земной поверхности 16°x16°) с аналоговой обработкой сигналов этих ветвей с использованием «когераторов» с полосой пропускания около 30 МГц (уровень подавления помех от наземных источников около 30 – 35 дБ);
- 5–канальная адаптивная (частота, пространство) приемная АФАР с размером 240 см x 200 см. Каждый из 5 частотных каналов этой АФАР (для приема сигналов от АЗС₁) имеет 750 ветвей пространственного разнесения (каждая с углом обзора земной поверхности

16°x16°) с цифровой обработкой сигналов этих ветвей с использованием цифровых антенных решеток (ЦАР) с полосой пропускания около 8 МГц (уровень подавления помех от наземных источников около 60 – 70 дБ).

3) Передающие комплексы в диапазоне 20 ГГц

Для линий связи КА → центральные земные станции (ЦЗС) в диапазоне 20 ГГц и линий связи КА → многофункциональные АЗС (МАЗС) в диапазоне 20 ГГц:

- 27 антенн на базе ФАР с размером 40 см x 40 см с мощностью передатчика каждой ФАР 50 Вт для линий связи КА → ЦЗС (МАЗС);
- режим работы каждой ФАР – пространственно–временное разделение каналов (ПВРК) с быстрым «прыганием» узкого луча (2,25°x2,25°) в пределах всего угла обзора земной поверхности с КА (16°x16°). Максимальное число позиций «прыгания» каждой ФАР – около 80 (80 «пятен» на земной поверхности, каждое размером около 1500 км x 1500 км).

4) Приемные комплексы в диапазоне 30 ГГц

Для линий связи ЦЗС (МАЗС) → КА в диапазоне 30 ГГц:

- одна 10–канальная адаптивная (только время и пространство) приемная АФАР с размером 120 см x 120 см (угол обзора земной поверхности 0,5°x0,5°). Каждый из 10 каналов АФАР (для приема сигналов от ЦЗС, МАЗС) имеет 900 ветвей пространственного

разнесения (каждая с углом обзора земной поверхности $16^\circ \times 16^\circ$) с аналоговой обработкой сигналов этих ветвей с использованием «когераторов» с полосой пропускания около 2 ГГц (уровень подавления помех от наземных источников около 35 – 40 дБ).

Суммарные характеристики КА

- Общее потребление полезной нагрузки данного КА составляет около 12 кВт.

- С учетом служебных систем КА (потребляют около 1,5 кВт) система электропитания такого КА должна получать от солнечных батарей КА около 13,5 кВт.

- Общая масса полезной нагрузки КА составляет около 800 кг, а общая масса КА – около 2400 кг.

- Гарантийный срок работы такого КА на ГСО должен составлять не менее 15 лет, а на ВЭО – не менее 10 лет.

Особенность конструктивного построения передающих и приемных комплексов полезной нагрузки данного КА на базе использования фазированных антенных решеток позволяет вписаться в концепцию конструирования матричных интегральных схем, а малочисленность элементных звеньев в базе (в сочетании с малым количеством внешних выводов каждого звена) позволяет успешно решать все топологические задачи при конструировании полезной нагрузки с использованием перспективных аналоговых и цифровых СБИС.

Земной сегмент

В земной сегмент предлагаемой системы входят следующие спутниковые станции:

1) абонентская земная станция АЗС₁, работающая в диапазоне 11/14 ГГц с очень малой апертурой антенн (с диаметром зеркала 20 см при использовании антенн зеркального типа; 20 см x 20 см для приемной ФАР, 16 см x 16 см для передающей ФАР – при использовании антенн на базе ФАР), с мощностью передатчика 20 Вт (импульсный режим работы) и с чувствительностью приемника 150 К. Скорость передачи информации по линиям связи АЗС₁ → КА – около 7 Мбит/с, а по линиям связи КА → АЗС₁ – около 15 Мбит/с;

2) абонентская земная станция АЗС₂, работающая в диапазоне 11/14 ГГц с несколько большей апертурой антенн (с диаметром зеркала 40 см при использовании антенн зеркального типа; 40 см x 40 см для приемной ФАР,

32 см x 32 см для передающей ФАР – при использовании антенн на базе ФАР), с мощностью передатчика 20 Вт и с чувствительностью приемника 100 К. Скорость передачи информации по линиям связи АЗС₂ → КА – около 28 Мбит/с, а по линиям связи КА → АЗС₂ – около 62 Мбит/с;

3) абонентская земная станция АЗС₃, работающая в диапазоне 11/14 ГГц с еще большей апертурой антенн (с диаметром зеркала 60 см при использовании антенн зеркального типа; 60 см x 60 см для приемной ФАР, 48 см x 48 см для передающей ФАР – при использовании антенн на базе ФАР), с мощностью передатчика 20 Вт и с чувствительностью приемника 100 К. Скорость передачи информации по линиям связи АЗС₃ → КА – около 63 Мбит/с, а по линиям связи КА → АЗС₃ – около 140 Мбит/с;

4) ЦЗС (МАЗС), работающая в диапазоне 20/30 ГГц с антенной зеркального типа с диаметром зеркала 2,4 м, с мощностью передатчика 400 Вт и с чувствительностью приемника 100 К. Скорость передачи информации по линиям связи ЦЗС (МАЗС) → КА – около 2 Гбит/с, а по линиям связи КА → ЦЗС (МАЗС) – около 660 Мбит/с;

5) координирующие станции (2 – 3 шт.), работающие в диапазонах 11/14 ГГц и 20/30 ГГц, используются для обеспечения функционирования автоматизированной системы управления связью (АСУС) предлагаемой системы спутниковой связи. В состав координирующих станций входят и контрольные станции, задействуемые для калибровки приемных адаптивных АФАР на борту КА.

Суммарная пропускная способность линий связи предлагаемой системы

1) Пропускная способность 5 линий связи АЗС₁ → КА составляет около 35 Мбит/с.

2) Пропускная способность 15 линий связи КА → АЗС₁ составляет около 225 Мбит/с.

3) Пропускная способность 5 линий связи АЗС₂ → КА составляет около 140 Мбит/с.

4) Пропускная способность 15 линий связи КА → АЗС₂ составляет около 930 Мбит/с.

5) Пропускная способность 15 линий связи АЗС₃ → КА составляет около 945 Мбит/с.

6) Пропускная способность 15 линий связи КА → АЗС₃ составляет около 2100 Мбит/с.

7) Суммарная пропускная способность линий связи АЗС (три типа) → КА составляет около 1,1 Гбит/с.

8) Суммарная пропускная способность линий связи КА → АЗС (три типа) составляет около 3,2 Гбит/с.

9) Пропускная способность 10 линий связи ЦЗС (МАЗС) → КА составляет около 20 Гбит/с.

10) Пропускная способность 27 линий связи КА → ЦЗС составляет около 17,8 Гбит/с (из них около 16,7 Гбит/с используется для пропуска трафика от ЦЗС на МАЗС).

11) Пропускная способность 10 линий связи ЦЗС → КА составляет около 20 Гбит/с (из них около 3,2 Гбит/с используется для пропуска трафика от ЦЗС на АЗС (три типа), а около 16,8 Гбит/с – для пропуска трафика от МАЗС на ЦЗС).

Потребители

инфокоммуникационных услуг

В соответствии с результатами маркетинговых исследований потенциальными потребителями инфокоммуникационных услуг предлагаемой системы с КА на ВЭО и с КА на ГСО на территории РФ являются следующие основные группы пользователей.

1) Пользователи на легковых автомобилях (водители и пассажиры)

В настоящее время в РФ зарегистрировано около 40 млн легковых автомобилей, к 2020 году прогнозируется рост их числа до 48 млн ед., а к 2030 году – до 50 млн ед. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение пяти лет после ввода этой ССС в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 17 млн легковых автомобилей (потребуется установить 17 млн АЗС₁ с WiFi).

2) Пользователи на грузовых автомобилях междугородного и международного сообщения

В настоящее время в РФ зарегистрировано около 880 тыс. автомобилей этого класса, к 2020 году прогнозируется рост их числа до 1000 тыс. ед., а к 2030 году – до 1200 тыс. ед. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение пяти лет после ввода этой ССС в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 1 млн грузовых автомобилей (потребуется установить 1 млн АЗС₁ с WiFi).

3) Пользователи на пассажирских автобусах междугородного и международного сообщения

В настоящее время в РФ зарегистрировано около 150 тыс. таких авто-

бусов, к 2020 году прогнозируется рост их числа до 170 тыс. ед., а к 2030 году – до 190 тыс. ед. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение пяти лет после ввода этой ССС в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 100 тыс. пассажирских автобусов (потребуется установить 100 тыс. АЗС₂ с WiFi на 20 точек доступа).

4) Пользователи на локомотивах и в грузовых вагонах товарных ж/д поездов дальнего следования

В настоящее время в РФ эксплуатируется около 1000 тыс. грузовых вагонов данного класса (около 30 тыс. локомотивов), к 2020 году прогнозируется рост их числа до 1200 тыс. ед., (около 35 тыс. локомотивов), а к 2030 году – до 1400 тыс. ед. (около 40 тыс. локомотивов). Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение четырех лет после ввода этой ССС в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 1200 тыс. грузовых вагонов и 35 тыс. локомотивов (потребуется установить на локомотивы – 35 тыс. АЗС₂ с WiFi, а на грузовые вагоны – 1200 тыс. АЗС₁ с WiFi).

5) Пользователи в пассажирских вагонах ж/д поездов дальнего следования

В настоящее время в РФ эксплуатируется около 30 тыс. пассажирских вагонов данного класса, к 2020 году прогнозируется рост их числа до 40 тыс. ед., а к 2030 году – до 50 тыс. ед. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение двух лет после ввода этой ССС в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 30 тыс. пассажирских вагонов и 1500 локомотивов и бригад обслуживания (потребуется установить на все объекты связи АЗС₂ с WiFi на 20 точек доступа).

6) Пользователи в вагонах пригородных «электричек»

В настоящее время в РФ эксплуатируется около 30 тыс. таких вагонов (и около 3000 локомотивов и бригад их обслуживания), в последующие годы их число сохранится примерно на том же уровне. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение двух лет после ввода этой ССС в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 30 тыс. вагонов (потребуется установить 30 тыс. АЗС₂ с WiFi на 20 точек доступа).

7) Пользователи на пассажирских самолетах (авиалайнерах)

В настоящее время в РФ эксплуатируется около 4000 самолетов междуго-

родных и международных авиалиний (авиалайнеры с большим числом пассажиров), в т.ч. на кроссполярных трассах этого класса, к 2020 году прогнозируется рост их числа до 4800 ед., а к 2030 году – до 8000 ед. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение трех лет после ввода этой ССС в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 4000 самолетов (потребуется установить 4000 АЗС₃ с WiFi на 100 точек доступа).

8) Пользователи на экономически значимых предприятиях РФ

В настоящее время на территории РФ имеется около 10 тыс. экономически значимых предприятий, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг. Общее число работающих на них составляет около 5 млн чел. (в среднем по 500 чел. на одно предприятие, в том числе около 10% – руководящий персонал). К 2020 году прогнозируется рост числа таких предприятий до 14 тыс. ед. (число работающих на них – около 7 млн чел.), а к 2030 году – примерно до 20 тыс. ед. (число работающих на них – около 10 млн чел.). По прогнозам Росстата, к этому году общее число экономически значимых предприятий в РФ составит около 40 тыс. ед. с общим числом работающих на них около 40 млн чел. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение четырех лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 5 тыс. предприятий с общим числом работающих на них около 2,5 млн чел., включая 250 тыс. чел. руководящего персонала (и семьи) и 2,25 млн чел. работников (и членов их семей). Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО в течение четырех лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 5 тыс. предприятий с общим числом работающих на них около 2,5 млн чел., включая 250 тыс. чел. руководящего персонала (и семьи) и 2,25 млн чел. работников (и членов их семей).

Всего потребуется установить 10 тыс. АЗС₃ с WiFi на 500 точек доступа (с охватом пользователей и на рабочих местах, и в жилых домах вблизи предприятий).

9) Пользователи на объектах системы общего образования РФ

В настоящее время общее число объектов системы образования на территории РФ составляет около 150 тыс. ед. с тенденцией роста их числа к 2020

году до 160 тыс. ед., а к 2030 году – до 180 тыс. ед. Среди них значительная часть расположена в удаленных, труднодоступных районах, и они нуждаются в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг.

Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение двух лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 10 тыс. объектов системы общего образования РФ в удаленных и труднодоступных районах страны (потребуется установить 10 тыс. АЗС₂ с WiFi на 10 точек доступа). Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО в течение двух лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены 10 тыс. объектов системы общего образования РФ в удаленных и труднодоступных районах страны (потребуется установить 10 тыс. АЗС₂ с WiFi на 10 точек доступа).

10) Пользователи в коттеджных поселках в окрестностях городов РФ

В настоящее время общее число таких коттеджных поселков в окрестностях городов на территории РФ составляет около 14 тыс. ед. (с числом коттеджей около 840 тыс. ед.) с тенденцией роста их числа к 2020 году до 16 тыс. ед. (с числом коттеджей около 960 тыс. ед.), а к 2030 году – до 20 тыс. ед. (с числом коттеджей около 1200 тыс. ед.). Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение двух лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 3000 коттеджных поселков (180 тыс. коттеджей), расположенных в удаленных и труднодоступных районах РФ, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг. Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО в течение двух лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 3000 коттеджных поселков (180 тыс. коттеджей), расположенных в удаленных и труднодоступных районах РФ, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг.

Всего потребуется установить 360 тыс. АЗС₂ с WiFi на несколько точек доступа.

11) Пользователи в дачных поселках

В настоящее время в окрестностях городов РФ имеется около 45 тыс. дачных поселков (9 млн индивидуальных дачных домов – в среднем по 200 дач-

ных домов в одном дачном поселке). Примерно такое же число дачных поселков (и дач) будет и далее (вплоть до 2030 года). Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение двух лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 10 тыс. дачных поселков (в среднем по 50 домов) в удаленных и труднодоступных районах РФ, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг. Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО в течение двух лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 10 тыс. дачных поселков (также по 50 домов) в удаленных и труднодоступных районах РФ, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг. Всего потребуется установить 20 тыс. АЗС₂ с WiFi на 50 точек доступа.

12) Пользователи в сельских населенных пунктах

В настоящее время в РФ имеется около 14 млн домохозяйств, расположенных в 140 тыс. сельских населенных пунктов (в среднем по 100 домохозяйств в каждом сельском населенном пункте). Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение трех лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 15 тыс. сельских населенных пунктов (по 50 домохозяйств в каждом), расположенных в удаленных и труднодоступных районах РФ со сложным рельефом местности, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг. Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО в течение трех лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 15 тыс. сельских населенных пунктов (по 50 домохозяйств в каждом), расположенных в удаленных и труднодоступных районах РФ, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг.

Всего потребуется установить 30 тыс. АЗС₂ с WiFi на 50 точек доступа.

13) Пользователи в почтовых отделениях ФГУП «Почта России»

В соответствии с данными Росстата, в настоящее время имеется около 42 тыс. отделений ФГУП «Почта России», а к 2030 году прогнозируется рост их числа до 60 тыс.

Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО с использованием АЗС₂ в течение

четырёх лет после ввода ее в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 10 тыс. отделений ФГУП «Почта России» (потребуется установить около 10 тыс. АЗС₂ с WiFi – по 10 точек доступа). Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО с использованием АЗС₂ в течение четырех лет после ввода ее в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 10 тыс. отделений ФГУП «Почта России» (потребуется установить около 10 тыс. АЗС₂ с WiFi – по 10 точек доступа).

14) Пользователи на автозаправочных станциях, в придорожных кафе и придорожных гостиницах на региональных автодорогах РФ, нуждающиеся в предоставлении полного набора инфокоммуникационных услуг.

В настоящее время протяженность региональных автодорог РФ составляет около 600 тыс. км. К 2020 году прогнозируется рост их протяженности до 900 тыс. км, а к 2030 году – до 1200 тыс. км.

Автозаправочные станции (АС) должны располагаться в среднем через 50 км, придорожные кафе – в среднем через 100 км, а придорожные гостиницы – в среднем через 200 км.

Услугами предлагаемых ССС с КА на ВЭО с КА на ГСО в течение года после ввода их в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены по 6 тыс. АС (с установкой 6 тыс. АЗС₂ с WiFi на 10 точек доступа), по 3 тыс. придорожных кафе (с установкой 3 тыс. АЗС₂ с WiFi – на 30 точек доступа) и по 1,5 тыс. придорожных гостиниц (с установкой 1,5 тыс. АЗС₂ с WiFi – на 30 точек доступа).

15) Пользователи в многоквартирных жилых домах в городах РФ, нуждающиеся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг.

В настоящее время в городах РФ имеется около 40 млн домохозяйств, расположенных примерно в 700 тыс. многоквартирных жилых домов. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение пяти лет после ввода ее в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 50 тыс. многоквартирных жилых домов (в каждом в среднем по 40 домохозяйств). Требуется установить 50 тыс. АЗС₂ с WiFi на 40 точек доступа. Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО в течение пяти лет после ввода ее в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 50 тыс. многоквартирных

жилых домов (в каждом в среднем по 40 домохозяйств). Требуется установить 50 тыс. АЗС₂ с WiFi на 40 точек доступа.

16) Пользователи в местах их отдыха и лечения на территории РФ

В настоящее время в здравницах, домах отдыха, домах охотника, рыбака, на курортах РФ ежегодно отдыхают около 30 млн россиян. Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение трех лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 1000 мест отдыха и лечения, расположенных в удаленных и труднодоступных районах РФ со сложным рельефом местности, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг. Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО в течение трех лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 1000 мест отдыха и лечения, расположенных в удаленных и труднодоступных районах РФ, нуждающихся в предоставлении более полного набора инфокоммуникационных услуг.

Принимается, что в среднем в каждом из 2000 мест отдыха одновременно отдыхают (лечатся) около 200 человек, а во всех них в течение года – около 9,6 млн чел. (требуется установить 2000 АЗС₃ с АТС и распределительными сетями на базе WiFi на 200 точек доступа).

17) Российские туристы в местах их массового пребывания на территориях зарубежных стран (отдых, лечение, познавательный туризм)

В настоящее время туристические поездки в зарубежные страны ежегодно совершают около 14 млн российских туристов. Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО с использованием МАЗС в течение четырех лет после ввода этой ССС в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 200 наиболее крупных и наиболее посещаемых мест массового пребывания российских туристов (Средиземноморье, Турция, Израиль, Египет, Объединенные арабские эмираты, острова в Атлантическом океане у побережья Африки, страны на юге Африки, Мадагаскар, Индонезия, Малайзия, Филиппины, острова в Индийском океане – Сейшельские острова, Коморы, Маврикий, Мальдивы, Мали и др.), в каждом из которых одновременно отдыхают (лечатся) около 1000 россиян, а всего во всех них в течение года – около 5 млн россиян (всего потребу-

ется установить около 200 МАЗС с АТС и распределительными сетями на базе ВОЛС, WiMAX, РРЛ с WiFi на 1000 точек доступа).

18) Пользователи на морских платформах, морских судах и морских портах в Арктической зоне РФ

В настоящее время очень остро встал вопрос об активном вовлечении Арктической зоны РФ в развитие экономики страны. Для этого требуется расширенная геологоразведка и добыча углеводородов, обеспечение комфорта плавания морских судов ледового класса (суда-метановозы, танкеры для перевозки нефтепродуктов, танкеры для перевозки сырой нефти, танкеры для перевозки сжиженного газа, суда-контейнеровозы и т.п.), развитие морских портов вдоль трассы Северного морского пути.

В соответствии с прогнозными оценками экспертов-маркетологов, к 2020 году ежегодная потребность в транспортировке грузов по Севморпути оценивается примерно в 200 млн т/год, а к 2030 году – в 400 млн т/год (минимальная оценка). Для их перевозки к 2020 году потребуется около 300 морских судов ледового класса, а к 2030 году – около 600 морских судов ледового класса.

К 2020 году на шельфе северных морей будут функционировать около 200 морских платформ (в среднем по 200 пользователей), а к 2030 году – около 500 морских платформ. Вдоль трассы Севморпути имеется пять крупных морских портов (примерно по 3 тыс. пользователей).

Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение пяти лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 200 морских судов ледового класса (требуется установить 200 АЗС₃ с АТС и распределительными сетями на базе WiFi на 200 точек доступа), около 100 морских платформ (требуется установить 100 АЗС₃ с АТС и распределительными сетями на базе WiFi на 100 точек доступа), 5 морских портов (требуется установить 50 АЗС₃ с АТС и распределительными сетями на базе ВОЛС, РРЛ и WiFi на 400 точек доступа – по 10 АЗС₃ в каждый морской порт).

В каждом из пяти морских портов вместо АЗС₃ (с АТС и распределительными сетями на базе WiFi) может быть установлена МАЗС с большой АТС и распределительными сетями на базе WiFi в общей сложности на 4 тыс. точек доступа, но с более полным набором

инфокоммуникационных услуг.

19) Потребители, использующие информацию, получаемую со спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)

В настоящее время в эксплуатации находится около 80 сравнительно больших (масса от 0,5 т до 6 – 7 т) спутников ДЗЗ, принадлежащих различным странам (лидеры по их числу – США, Германия, Франция, Китай, Индия), с ежегодным запуском около 30 новых спутников ДЗЗ этого класса. К концу 2020 года прогнозируется рост числа находящихся в эксплуатации спутников ДЗЗ данного класса до 100 шт (с ежегодным запуском около 35 новых спутников ДЗЗ этого класса), а к 2030 году – до 120 шт. (с ежегодным запуском около 40 новых спутников ДЗЗ этого класса).

Суточная производительность современных спутников ДЗЗ данного класса – снимки земной поверхности объемом около 700 тыс. кв. км/сутки.

Услугами предлагаемой ССС с КА на ВЭО в течение четырех лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 50 спутников ДЗЗ данного класса, на которые требуется установить 50 МАЗС, каждая из которых имеет диаметр антенны около 80 см и передатчик мощностью около 150 Вт, обеспечивая передачу информации по линиям связи «спутник ДЗЗ → КА» предлагаемой ССС с КА на ВЭО со скоростью около 2 Гбит/с. Услугами предлагаемой ССС с КА на ГСО в течение четырех лет после ввода этой системы в коммерческую эксплуатацию могут быть охвачены около 15 спутников ДЗЗ данного класса, на которые требуется установить 15 МАЗС, каждая из которых имеет диаметр антенны около 80 см и передатчик мощностью около 150 Вт, обеспечивая передачу информации по линиям связи «спутник ДЗЗ → КА» предлагаемой ССС с КА на ГСО со скоростью около 2 Гбит/с.

Поскольку в перспективе прогнозируется появление большого числа **низкоорбитальных** миниспутников и микроспутников ДЗЗ с высокой производительностью, становится актуальной задача обеспечения передачи высокоскоростной информации и с таких небольших спутников ДЗЗ. Эта задача может быть решена с использованием оптических линий связи. В этом случае на КА предлагаемой ССС должно быть установлено приемное оборудование для приема информации

со спутников ДЗЗ по оптическим линиям связи (с переходом далее на диапазон 20 ГГц и со сбросом этой информации на соответствующие ЦЗС предлагаемой ССС с КА на ВЭО или с КА на ГСО).

Экономика проектов создания ССС с КА на ВЭО и с КА на ГСО

Экономика проекта создания ССС с КА на ВЭО

В соответствии с расчетами, общая величина затрат на создание предлагаемой ССС с КА на ВЭО и сдачу ее в коммерческую эксплуатацию в конце четвертого года после начала финансирования проекта составит около 1000 млн. евро. При этом на ВЭО предусматривается запуск 4-х КА, а 5-й КА остается на Земле в качестве резерва. Финансирование всех работ по реализации данного проекта может быть обеспечено в рамках государственно-частного партнерства на основе механизма проектного финансирования с получением от инвесторов траншей займа под 6% годовых по каждому траншу займа. Возврат инвесторам полученных от них заемных средств (с %) на общую сумму около 1350 млн евро осуществляется поэтапно (в соответствии с траншами займа) в течение 5-го, 6-го, 7-го и 8-го годов реализации проекта.

Экономика проекта создания ССС с КА на ГСО

В соответствии с расчетами, общая величина затрат на создание предлагаемой ССС с КА на ГСО и сдачу ее в коммерческую эксплуатацию в конце четвертого года после начала финансирования проекта составит около 1100 млн евро. При этом на ГСО предусматривается запустить 4 КА в точках стояния 40° восточной долготы и 96,5° восточной долготы (по 2 КА в каждой точке – один рабочий и один резервный). Финансирование всех работ по реализации данного проекта также может быть обеспечено в рамках государственно-частного партнерства на основе механизма проектного финансирования с получением от инвесторов траншей займа под 6% годовых по каждому траншу займа. Возврат инвесторам полученных от них заемных средств (с %) на общую сумму 1400 млн евро осуществляется поэтапно (в соответствии с траншами займа) в течение 5-го, 6-го, 7-го и 8-го годов реализации проекта.