

УДК 629.78

Описательная модель системы спутниковой связи АЕНФ

Михайлов Р. Л., Макаренко С. И.

Актуальность. Обеспечение услугами связи подразделений, защищающих интересы России за ее пределами, требуют создания спутниковых систем связи (ССС) специального назначения, охватывающих глобальной зоной покрытия Земли. В настоящее время в России разрабатывается несколько таких проектов. При этом обоснование технических решений для этих ССС требует формирования исходных данных для моделирования различных вариантов организации связи. Для формирования таких исходных данных может быть использована другая технологически развитая ССС, обеспечивающая защищенную связь для оперативно-тактического и стратегического звеньев вооруженных сил США – *Advanced Extremely High Frequency (АЕНФ)*, которая может рассматриваться как прототип ССС специального назначения. **Целью работы** является формирование описательной модели ССС АЕНФ. Данная описательная модель может использоваться для разработки исходных данных при моделировании связанных процессов в отечественных ССС в интересах научно-обоснованного выбора принципов организации связи в них. Для разработки описательной модели ССС АЕНФ были использованы только открытые источники. **Результаты и их новизна.** Элементом практической новизны работы являются выявленные общие технологические особенности построения и используемые технологические решения в ССС специального назначения на примере системы АЕНФ. **Практическая значимость.** Представленная в работе описательная модель будет полезна техническим специалистам для обоснования новых технологических решений для отечественных ССС специального назначения. Кроме того, данная модель будет полезна научным работникам и соискателям, ведущим научные исследования в области спутниковой связи.

Ключевые слова: модель, описательная модель, система спутниковой связи, система защищенной спутниковой связи, *Advanced Extremely High Frequency, АЕНФ*.

Введение

Системы защищенной спутниковой связи предназначены для обеспечения глобальной засекреченной помехоустойчивой связью органов государственного и военного управления, боевых подразделений стратегических сил, а также оперативно-тактических группировок сил общего назначения на удаленных театрах военных действий (ТВД). Необходимость в такой системе защищенной спутниковой связи остро проявилась в ходе проведения Российской Федерацией (РФ) специальной военной операции (СВО) на Украине с 2022 г. по настоящее время. Сейчас, одной из наиболее развитых систем защищенной спутниковой связи является система спутниковой связи (ССС) АЕНФ (*Advanced Extremely High Frequency*), которая пришла на смену защищенной ССС предыдущего поколения *Milstar (MilSTaR – Military Strategic and Tactical Relay)*. Обе

Библиографическая ссылка на статью:

Михайлов Р. Л., Макаренко С. И. Описательная модель системы спутниковой связи АЕНФ // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 3. С. 157-181. DOI: 10.24412/2410-9916-2024-3-157-181

Reference for citation:

Mikhailov R. L., Makarenko S. I. Descriptive Model of АЕНФ Satellite Communications System. *Systems of Control, Communication and Security*, 2024, no. 3, pp. 157-181 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2024-3-157-181

эти системы находятся в ведении вооруженных сил (ВС) Соединенных Штатов Америки (США).

Цель статьи – предоставление исходных данных для моделирования процессов организации связи как в ССС АЕНФ, так и в перспективных отечественных защищенных ССС, прототипом которых она может служить.

Материал сформирован на основе общения открытых источников [1-20, 32-34].

Структурно статья декомпозирована на ряд подразделов.

1. Назначение и состав ССС АЕНФ.
2. Организация связи в ССС АЕНФ.
 - 2.1. Краткая характеристика бортового связного оборудования КА АЕНФ.
 - 2.2. Организация спутниковой связи при управлении войсками на удаленных ТВД.
3. Наземные средства ССС АЕНФ.
 - 3.1. Абонентские терминалы.
 - 3.2. Наземный комплекс управления.

По своей сути, данная работа продолжает цикл публикаций авторов [21-28], посвященных формированию описательных моделей систем связи специального назначения [21, 23, 24], а также описательных моделей ССС [22, 25-28].

1. Назначение и состав ССС АЕНФ

Защищенная связь предоставляется в диапазоне крайне высоких частот (КВЧ) 44/20 ГГц (Ка/К диапазоны) находящемся в эксплуатации космическими аппаратами (КА) Milstar и АЕНФ, а также комплектами аппаратуры, которые могут быть установлены в качестве дополнительной полезной нагрузки на КА системы узкополосной связи MUOS и на спутниках полярного дополнения, размещенных на высоких эллиптических орбитах и обеспечивающих связь в северных широтах.

Защищенность линий и каналов связи Milstar и АЕНФ от средств радиоэлектронного подавления (РЭП) и радиоперехвата имеет в настоящее время наивысший уровень среди всех зарубежных военных спутниковых систем связи. Это достигается использованием режима псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ) в широком частотном диапазоне, узких перенацеливаемых лучей диаграммы направленности (ДН) и ее адаптации к источнику радиопомех, а также благодаря криптографическому закрытию передаваемых данных с гарантированной стойкостью и использованию межспутниковых линий связи (МЛС).

ССС АЕНФ предназначена для обеспечения надежного управления войсками (силами) на стратегическом и оперативно-тактическом уровнях в любых условиях обстановки.

Программа АЕНФ выполнялась с 1999 г. по заказу Военно-воздушных сил (ВВС) США и была направлена на постепенную замену орбитальной группировки (ОГ) предыдущего поколения КА Milstar с одновременным повышением

пропускной способности спутниковых линий связи и их защищенности от средств РЭП. В настоящее время ССС АЕНФ обеспечивает устойчивую, закрытую, гарантированную телефонную и телеграфную связь, высокоскоростную передачу видеоизображений и данных в КВЧ-диапазоне частот.

Решение о создании новых спутников на замену КА серии «Milstar-2» было принято МО США в 1993 г., а финансирование работ началось в 1995 г. В 1996 г. компании «TRW» и «Lockheed Martin» сформировали рабочую группу, которая намеревалась создавать усовершенствованный КА АЕНФ, называемый в отдельных источниках Milstar-3. Запуск первого такого КА состоялся в 2010 г. В настоящее время формирование ОГ спутников защищенной связи завершено и в составе космического сегмента ССС АЕНФ используются следующие КА (таблица 1) [21].

Таблица 1 – Космический сегмент ССС «АЕНФ» [21]

КА	Точка стояния*	Дата запуска	Расчетный срок службы, лет
АЕНФ-1	4°в.д.	14.08.2010 г.	14
АЕНФ-2	94°з.д.	04.05.2012 г.	14
АЕНФ-3	155°з.д.	18.09.2013 г.	14
АЕНФ-4	67°з.д.	17.10.2018 г.	15
АЕНФ-5	55°в.д.	08.08.2019 г.	15
АЕНФ-6	138°в.д.	26.03.2020 г.	15

Примечание: * – точки стояния КА могут корректироваться в интересах повышения пропускной способности для ВС США и их союзников в отдельных регионах мира.

ССС АЕНФ формирует с геостационарной орбиты зоны земного охвата (в пределах $\pm 65^\circ$ по широте и долготе от подспутниковой точки) с различными уровнями усиления (энергетики) сигнала и зоны обслуживания. Для различных категорий пользователей в пределах зоны земного охвата (видимой с орбиты поверхности Земли) создаются отдельные зоны с очень высоким, высоким или низким усилением (рис. 1).

Услуги связи в районах с очень высоким усилением предоставляются в основном абонентам из стратегического звена, а также абонентам, выходящим на связь по графику, по запросу или в случае острой оперативной необходимости, например, экипажам подводных лодок (ПЛ) на боевом дежурстве, нелегальным агентам, разведывательно-диверсионным группам (ДРГ) и др. Всего антенная система КА АЕНФ позволяет создать до 140 зон с очень высоким усилением с охватом участков земной поверхности диаметром около 600 км и столько же зон с охватом около 2200 км. Формирование этих зон осуществляется многолучевыми фазированными антенными решетками (ФАР) путем быстрого автоматического изменения направления узких лучей ДН по программе, заложенной на борт КА.

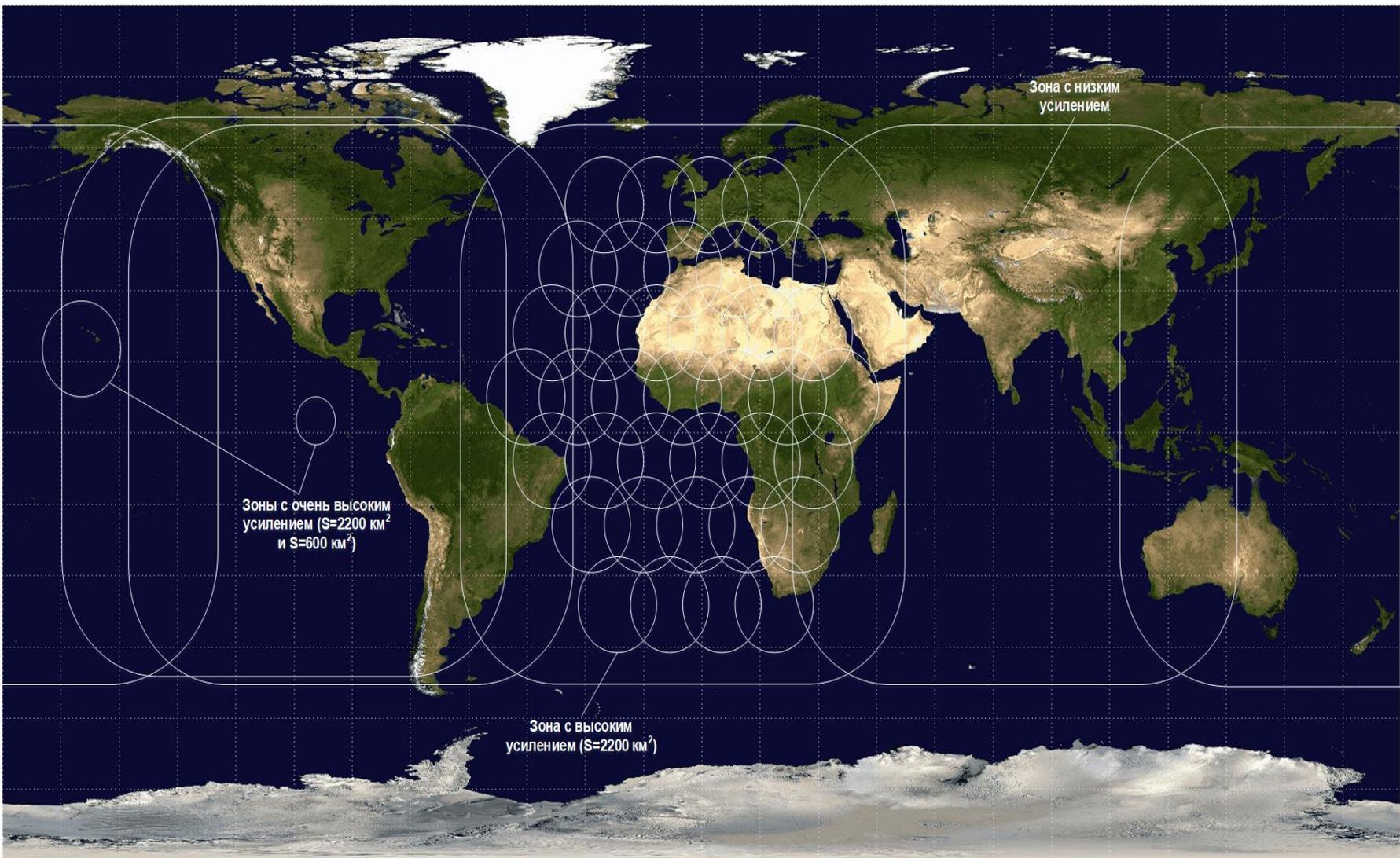


Рис. 1. Зоны земного охвата антенных систем КА АЕНФ

Зоны охвата с высоким и низким усилением формируются в основном в интересах обеспечения связью пользователей оперативно-тактического уровня. Зоны охвата с высоким усилением создаются ФАР путем перенацеливания узких лучей ДН. При этом в пределах зоны земного охвата формируется 37 таких зон диаметром около 2200 км. Зона охвата с низким усилением формируется рупорной антенной.

Зоны обслуживания ТВД создаются прежде всего для обеспечения связью межвидовых войсковых группировок с высокой концентрацией сил и средств на ТВД. Каждый КА в пределах зоны земного охвата может формировать до 24 зон обслуживания ТВД со средним уровнем помехозащищенности и две зоны с высоким уровнем помехозащищенности (рис. 2). В ССС АЕНФ предусмотрено одновременное обслуживание абонентов в глобальном масштабе как минимум на 2-х смежных или разнесенных ТВД.

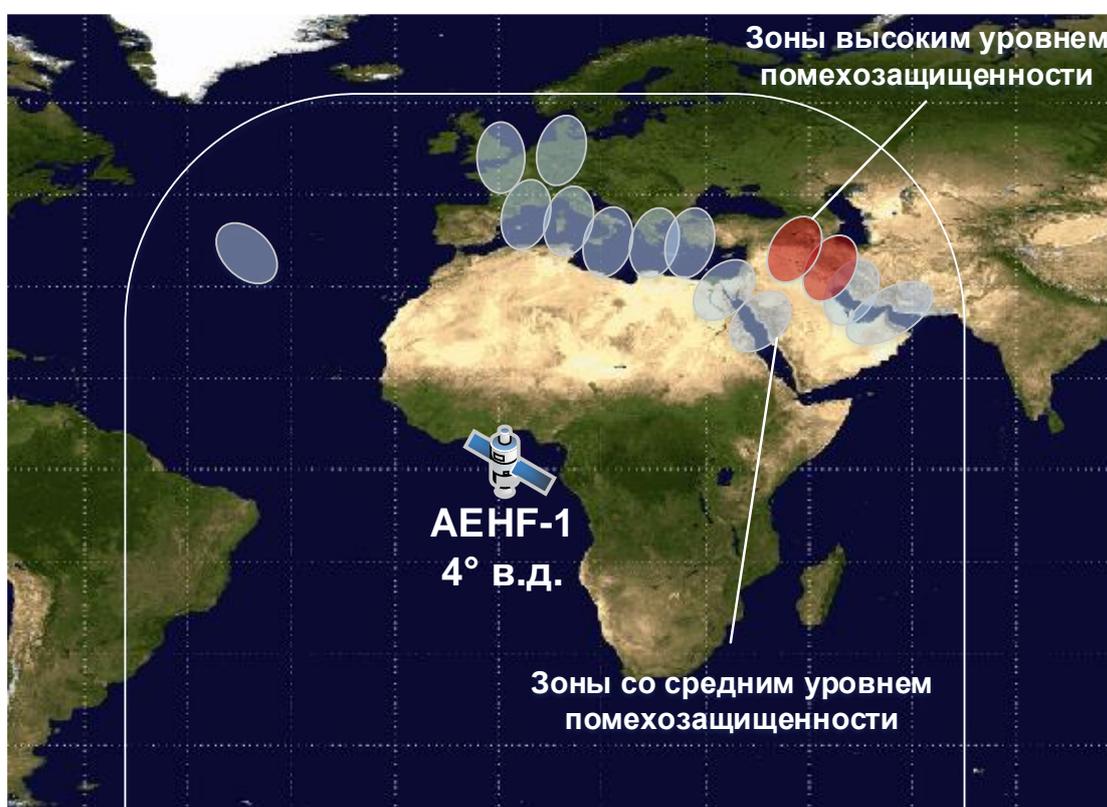


Рис. 2. Зоны обслуживания ТВД антенной системы КА АЕНФ

Зоны со средним уровнем помехозащищенности имеют диаметр около 550 км и формируются с помощью многолучевых ФАР (18 зон, в т. ч. 9 – в интересах государств-партнеров) и перенацеливаемых с Земли параболических антенн на кардановом подвесе (6 зон и антенн соответственно).

Две зоны диаметром около 600 км с высоким уровнем помехозащищенности создаются для абонентов с высокой скоростью передачи данных и находящихся в непосредственной близости от средств РЭП.

Высокая помехозащищенность связи в КА АЕНФ обеспечивается, прежде всего, «обнулением» ДН антенной системы в направлении источника помех в линии «вверх».

Аппаратура МЛС на КА АЕНФ позволяет формировать в глобальном масштабе космическую сеть связи и управлять функционированием КА в составе ОГ непосредственно с континентальной части США.

Защищенность линий и каналов связи реализуется с помощью криптографической аппаратуры «TRANSEC» и «COMSEC», которая входит в состав оборудования КА АЕНФ, абонентских терминалов (АТ) и земных станций (ЗС) управления.

2. Организация связи в ССС АЕНФ

2.1. Краткая характеристика бортового связного оборудования КА АЕНФ

КА АЕНФ (рис. 3) создан фирмой «Lockheed Martin» на основе доработанной коммерческой платформы А2100. Бортовая аппаратура цифровой обработки сигналов и антенная система разработаны фирмой «Northrop Grumman Corporation». Тактико-технические характеристики (ТТХ) КА АЕНФ представлены в таблице 2.



Рис. 3. Внешний вид КА АЕНФ [2]

Таблица 2 – ТТХ КА АЕНФ [1, 2]

Характеристика	Значение
Тип орбиты	геостационарная
Масса на старте (на орбите)	около 6 (4) т
Диапазоны рабочих частот:	
- в линии «вверх»	43,5-45,5 ГГц
- по линии «вниз»	20,2-21,2 ГГц
Количество каналов	50
Способы многостанционного доступа	с временем и частным разделением
Общая пропускная способность:	
- КА	0,5 Гбит/с
- всей системы	2,5 Гбит/с
Скорость передачи в канале связи	до 8,192 Мбит/с
Тип (количество) антенн	приемопередающая рупорная антенна земного охвата – 1 шт.; параболические антенны – 10 шт. (из них 2 (1°) с «обнулением ДН», 2 для МЛС); многолучевые ФАР – 3 шт. (1 передающая, 2 приемных)
Количество лучей ДН антенной системы	1 земного охвата; 28 узких с быстрым изменением направления луча; 8 узких перенацеливаемых с Земли
Способы защиты от средств РЭП	ППРЧ, обнуление ДН в направлении источника помех, МЛС, криптозащита
Межспутниковая связь	2 параболические антенны обеспечивает двухстороннюю передачу данных со скоростью до 60 Мбит/с

ССС АЕНФ, будучи совместимой с СССР Milstar в части использования существующих АТ класса LDR (скорость передачи данных 75-2400 бит/с) и MDR (скорость передачи данных от 4,8 кбит/с до 1,544 Мбит/с), обеспечивает пользователям новый высокоскоростной стандарт XDR (скорость передачи данных до 8,192 Мбит/с) с низкой вероятностью обнаружения и перехвата, противодействием РЭП и высокой криптостойкостью. Каждый КА АЕНФ имеет по 50 широкополосных ретрансляторов, работающих одновременно и формирующих 37 лучей ДН. По сравнению с КА серии Milstar-2 пропускная способность КА АЕНФ увеличена в 10-12 раз (примерно до 430 Мбит/с), а доступная пользователю скорость передачи данных – в 5-6 раз до 19,2 кбит/с, в режиме гарантированной стратегической связи, а также с 1 544 кбит/с до 8,2 Мбит/с в режиме

засекреченной тактической связи. Это позволяет передавать абонентам карты, целеуказания и видеоинформацию в реальном масштабе времени.

Антенная система КА АЕНФ (рис. 4) включает приемопередающую рупорную антенну земного охвата, передающие и приемные многолучевые ФАР (10 тыс. монолитных высокочастотных интегральных схем на фосфиде индия) и приемопередающие параболические антенны для обслуживания ТВД, в том числе 2 с ДН, адаптированной к источнику радиопомех (с функцией «обнуления» ДН).

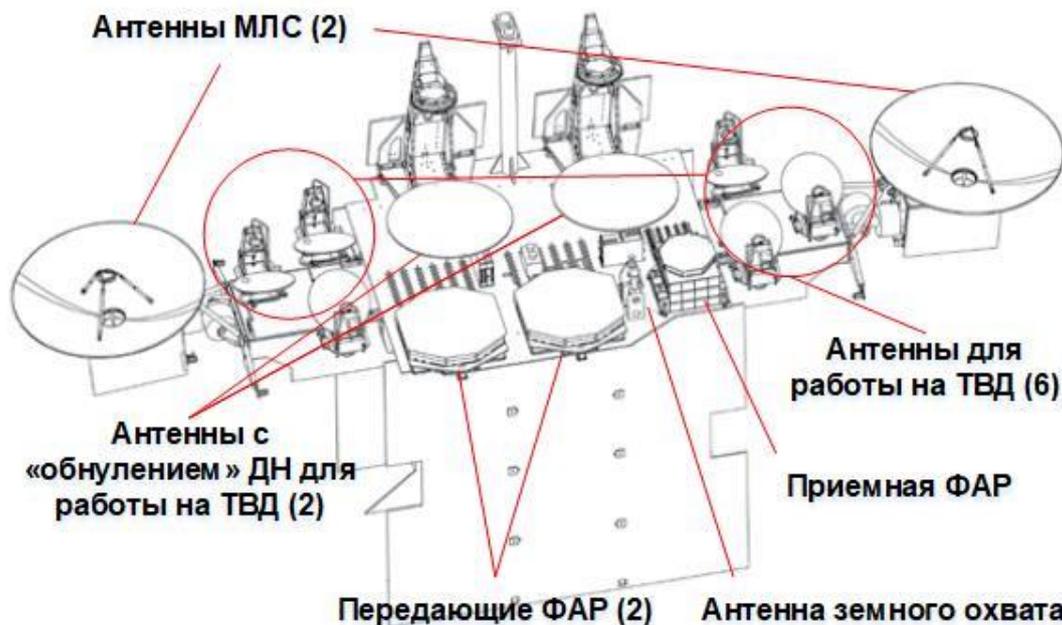


Рис. 4. Антенная система КА АЕНФ [2]

Блок «обнуления» ДН представляет собой высокочастотное устройство обработки сигналов, входящее в состав комплекта аппаратуры для обеспечения высокой помехозащищенности в пределах зоны охвата антенны линии «вверх». При обнаружении помех он формирует «провалы» в ДН антенны, обеспечивая тем самым пространственную режекцию помех. Операция «обнуления» выполняется следующим образом. Сигнал, поступающий на каждый из 7 отдельных портов, анализируется на предмет наличия помехи. При обнаружении помехи, проходящей через тракт того или иного порта (или портов), формируется команда на изменение конфигурации ДН антенны таким образом, чтобы исключить прием сигналов из того участка зоны охвата, в котором находится источник помех. Таким образом, сигнал помехи блокируется еще «на входе» и не поступает в последующие каскады приемного тракта. Одновременно при этом обеспечивается прохождение полезных сигналов связи в пределах всей остальной части зоны охвата ДН. Этот процесс предусматривает независимое управление амплитудой и фазой сигналов, поступающих на каждый из коммутируемых (взаимно перекрывающихся) портов. Выборка входных сигналов осуществляется для каждого из портов и полученные данные используются для согласования (выравнивания) фазы и амплитуды всех каналов «вверх». В результате

обеспечивается быстрая сведение к минимуму воздействие РЭП и, таким образом, предоставляется возможность доступа абонентов к КА. Размер и конфигурация участка «обнуления» ДН регулируется в реальном масштабе времени. Векторная сумма сигналов всех портов создает общий поток для последующей обработки, демодуляции и декодирования полезного сигнала. Конструктивно высокочастотная часть «обнулителя» включает в себя систему волноводов и усилителей входных сигналов с низким уровнем собственных шумов, контроллеров фазы и амплитуды сигналов, высокочастотных переключателей и сумматоров мощности. Созданные прецизионные ферритовые фазовращатели и переключатели обеспечивают управление работой высокочастотных компонентов системы. Использование ферритов позволяет проводить обработку входных высокочастотных сигналов при низких уровнях шумов, обеспечивая формирование лучей антенной системы в широком спектре частот. Все эти элементы объединены в единую схему, которая управляется электронным блоком, обеспечивающим формирование нужной конфигурации ДН при одновременной синхронизации с ППРЧ входного сигнала. Высокая надежность работоспособности системы реализуется за счет широкого использования дублирующих компонентов.

2.2. Организация спутниковой связи при управлении войсками на удаленных ТВД

При обеспечении связью воинских формирований ВС США и их союзников на удаленных ТВД задействуется целый комплекс ССС специального и коммерческого назначения (рис. 5). В связи с этим, АТ ССС, стоящие на вооружении, зачастую являются многодиапазонными и могут работать одновременно не только с различными военными, но и с гражданскими ССС, ресурс которых во время военных конфликтов арендуется ВС США и их союзниками по блоку НАТО. Примерами АТ, работающих с коммерческими ССС, являются АТ GRRIP (Global Rapid Response Information Package) и АТ SNAP (Secure Internet Protocol Router/Non-Secure Internet Protocol Router (SIPR/NIPR) Access Point) [9]. Кроме того, на вооружении СВ находятся мобильные и носимые АТ, функционирующие исключительно через ССС Milstar и АЕНФ, подробно рассмотренные далее. Организационно, данные АТ состоят на вооружении экспедиционного батальона связи сухопутных войск (СВ), имеющего модульную структуру и развертываемого на удаленном ТВД в составе группировки войск (сил) уровня армейского корпуса (АК) и выше, а также штабных рот дивизий и бригад.

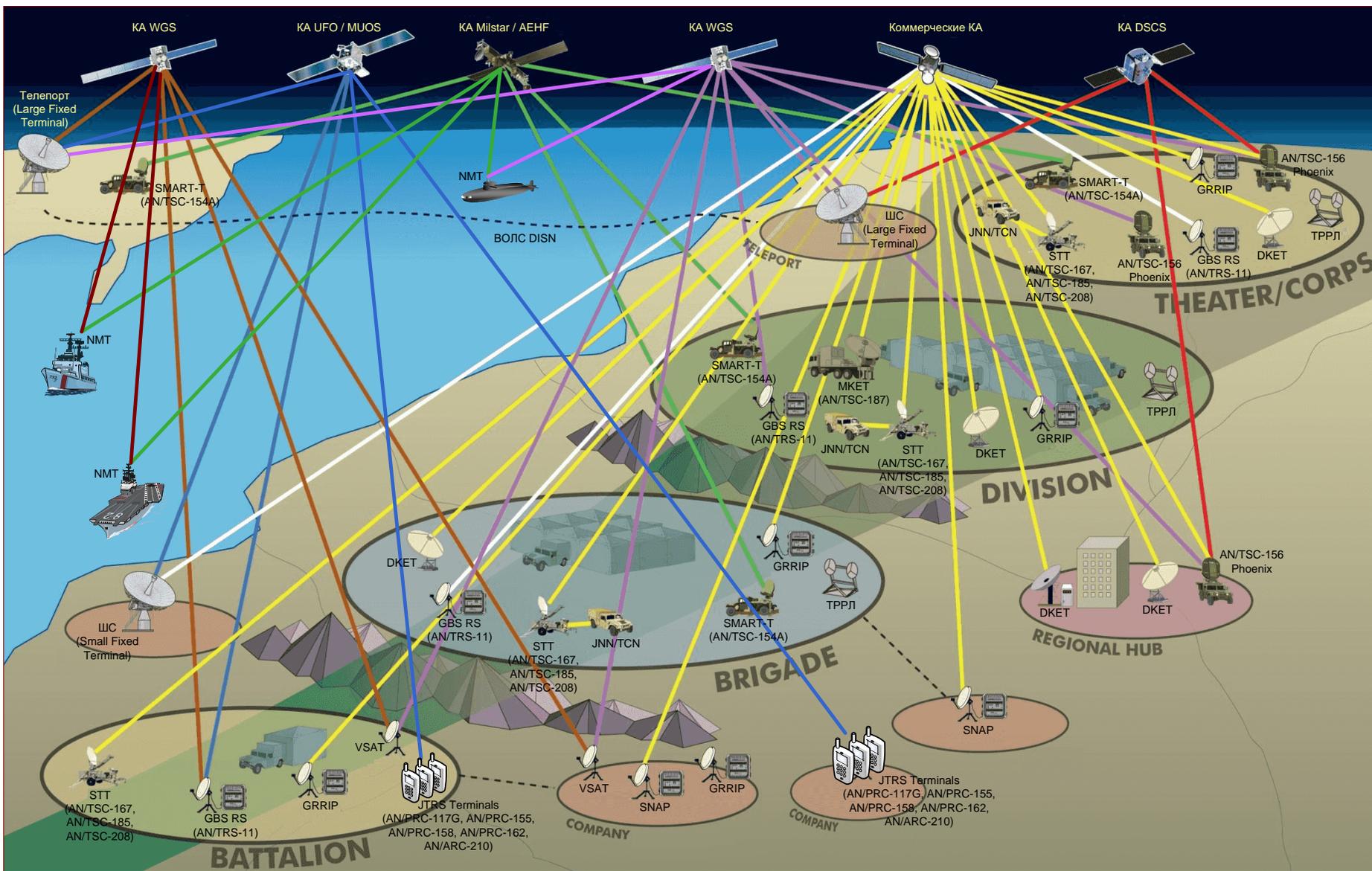


Рис. 5. Схема организации спутниковой связи на удаленном ТВД [29]

3. Наземные средства спутниковой связи ССС АЕНФ

3.1. Абонентские терминалы

АТ для ССС АЕНФ создаются для стратегических сил и сил общего назначения ВС США по отдельным программам видовых компонентов. Всего планируется иметь около 900 АТ. Каждый вид ВС США заказывает и финансирует АТ по своим собственным программам, ориентируясь при этом, в первую очередь, на свои оперативные потребности. Для большинства АТ скорости передачи данных являются стандартными, а диаметры антенн находится в пределах от 13 см (для ПЛ) до 3 м (стационарные и мобильные АТ). В интересах управления стратегическими силами используются следующие АТ [21, 30].

В ВВС США в системе боевого управления межконтинентальными баллистическими ракетами (МБР) с 2015 г. используются 67 АТ типа MMPU (Minuteman Minimum essential emergency communications network Program Upgrade). Кроме того, применяются АТ типа FAB-T (Family of Advanced Beyond-line-of-sight Terminals) версии Block 8 и выше. Ими оснащены воздушные пункты управления (самолеты E-4B и E-6B), самолеты стратегической бомбардировочной авиации (B-52 и B-2, в перспективе – B-21), самолеты заправочной и разведывательной авиации и основные типы стратегических БЛА, а также объекты наземной инфраструктуры (рис. 6).



Рис. 6. Антенная группа стационарного АТ FAB-T на авиабазе (АвБ) Оффут (шт. Небраска)

Кроме того, в интересах обеспечения связью наземных пунктов (ПУ) управления стратегическими силами в целом на вооружение поступают АТ Global ASNT (Global Aircrew Strategic Network Terminal) (рис. 7), а для отдачи

им команд Президентом США в условиях ядерной войны соответствующие помещения и мобильные объекты оборудуются АТ PNVC (Presidential And National Voice Conferencing).



Рис. 7. Наземный АТ Global ASNT

Таблица 3 – Характеристики АТ Global ASNT

Характеристика	Значение
Диапазон рабочих частот:	
- в линии «вверх»	43,5-45,5 ГГц
- в линии «вниз»	20,2-21,2 ГГц
Скорость передачи информации,	2,4-8448 кбит/с
Тип антенны	параболическая
Диаметр антенны	1,5 м
Год ввода в эксплуатацию	2021

В ВМС США используются многодиапазонные (Q/Ka, X/Ka, X диапазоны) АТ типа NMT (Navy Multiband Terminal) (рис. 8) в нескольких конструктивных вариантах, которыми оснащены подводные лодки атомные с баллистическими ракетами (ПЛАРБ), многоцелевые ПЛ, надводные корабли (НК) и береговые объекты (всего около 300 комплектов АТ NMT). Кроме того, порядка 40 АТ NMT планируется поставить государствам-партнерам США – Великобритании, Канаде и Нидерландам [30].

В СВ США используются транспортабельные АТ типа AN/TSC-154 «SMART-T» (рис. 9), размещаемые на базе многоцелевого автомобиля «HMMWV». Мобильный АТ типа «SMART-T» предназначен для обеспечения закрытой надежной многоканальной телефонной связи и передачи данных со средней и низкой скоростями через защищенные ССС Milstar и АЕНФ. Он со-

здавался, прежде всего, для расширения зоны действия полевой автоматизированной системы связи общего пользования АК, а также для обслуживания абонентов оперативно-тактического звена управления (АК и ниже) – различных тактических подразделений ВВС, сил специальных операций (ССО) и морской пехоты (МП) [1, 20, 31].



Рис. 8. Морские АТ NMT: а) антенная группа; б) связное оборудование [30]



Рис. 9. Мобильный наземный АТ AN/TSC-154 «SMART-T» на базе многоцелевого автомобиля «HMMWV»

АТ «SMART-T» обеспечивает одновременную работу с низко- и среднескоростными режимами передачи LDR и MDR, соответственно при использовании КА типа Milstar-2 и АЕНФ. Для среднескоростной связи в режиме MDR

терминал имеет 12 портов, в том числе 4 – для скоростей передачи данных 256, 512, 1024 или 4096 кбит/с в дуплексном режиме и 8 – для скоростей 4, 8, 16, 32, 64, 128 или 256 кбит/с (двое из этих портов также могут поддерживать скорость 1,544 Мбит/с). После интеграции в АТ высокоскоростного оборудования XDR, «SMART-T» обеспечивают в полном объеме связь и с КА АЕНФ.

Для низкоскоростной связи в режиме LDR терминал «SMART-T» имеет 8 входных и 4 выходных порта (для скоростей передачи данных от 75 до 2400 бит/с), а также один дополнительный порт (16 кбит/с). Терминал сопрягается с аппаратурой телефонной связи, передачи данных и буквопечатания, шифратором КГ-84А, факсом и компьютером.

В состав АТ «SMART-T» входят: антенная система, приемопередатчик, блок электронной аппаратуры, устройства управления и сопряжения с оконечной аппаратурой, выпрямитель и источник электропитания.

Антенная система АТ «SMART-T» включает компактную двухзеркальную антенну Грегори с вынесенным облучателем, малошумный усилитель, понижающий преобразователь частоты и твердотельный высокочастотный усилитель мощности. Основное ее зеркало имеет форму параболоида, а малое, вспомогательное – форму эллипсоида (располагается за фокусом основного зеркала). Такая конструкция антенны обеспечивает больший на 1 дБ коэффициент усиления, чем у типовой (однозеркальной). Применение вынесенных из раскрыва основного зеркала облучателя и вспомогательного позволяет уменьшить на 8 дБ уровень боковых лепестков и затенение ими раскрыва параболоида. Это также облегчает доступ к ним при проведении технического обслуживания и ремонта. Антенна изготовлена из композитного материала, что обеспечивает более высокую прочность ее конструкции и устойчивость к воздействиям окружающей среды по сравнению с обычными рефлекторными антеннами, изготовленными из алюминия. Она автоматически поднимается или складывается за счет эффективного полноповоротного в азимутальной и угломестной плоскостях привода, который позволяет сворачивать антенну таким образом, что она не выступает за габариты автомобиля.

Устройство управления АТ «SMART-T» представляет собой малогабаритный компьютер, обеспечивающий интерфейс пользователя и дистанционное управление терминалом.

Электропитание АТ «SMART-T» производится от штатного дизель-генератора или любого внешнего коммерческого источника питания, а также от промышленной сети переменного тока напряжением 110/220 В (одно- или трехфазной). Штатный дизель-генератор мощностью 1,5 кВт обеспечивает непрерывную работу терминала в течение 33 ч при расходе топлива 22,7 л. Среднее время наработки его на отказ около 1900 ч. Номинальная и максимальная мощности, потребляемые «SMART-T», составляют 950 и 1200 Вт соответственно.

Конструкция АТ «SMART-T» предусматривает перевод его из походного положения в рабочее одним оператором не более чем за 30 мин, а также последующую работу без дополнительного обслуживания. Дистанционное управление позволяет специалисту использовать дополнительные функции, не преры-

вая работу аппаратуры. Топопривязка и временная синхронизация ведутся по сигналам спутниковой радионавигационной системы (СРНС) NAVSTAR (NAVigation System using Timing And Ranging).

Транспортировка АТ «SMART-T» может осуществляться на вертолете, его внешней подвеске, или на самолете С-130 (грузоподъемность последнего – 3 терминала, размещенных на автомобилях «HMMWV», или 6 без них).

Серийное производство АТ «SMART-T» было начато в конце 1998 г. Для СВ планировалось закупить более 200 АТ данного типа.

В интересах подразделений оперативно-тактического звена управления СВ и ВВС в рамках программы «SCAMP» были также разработаны носимые АТ. Предусматривалось последовательно создать 2 модификации АТ «SCAMP» – Block I и Block II (рис. 10). Для обеспечения высокой скрытности и помехозащищенности передача данных с этих терминалов осуществляется в режиме ППРЧ в полосе 2 ГГц.

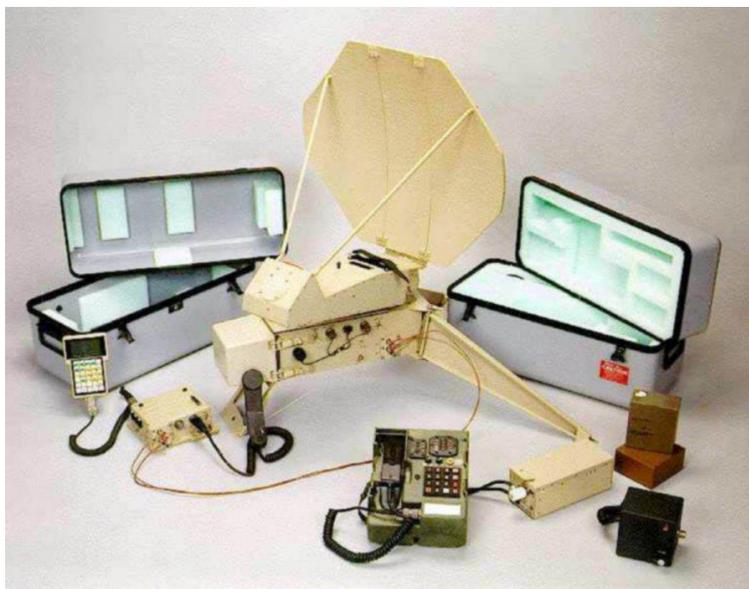


Рис. 9. АТ AN/PSC-11

Модель «SCAMP Block I», получившая наименование AN/PSC-11, предназначена для установления связи между штабами и подчиненными частями и подразделениями в тактическом звене управления. Поставка этого АТ в войска началась в 1998 г. Терминал обеспечивает 4 телефонных канала как в узком, так и коммутируемом луче, или столько же каналов буквопечатания со стандартными скоростями от 75 до 2400 бит/с в глобальном луче. В комплект АТ входят сборная трехсекционная параболическая антенна и электронные компоненты (миниатюрный передатчик, приемник с малым уровнем шумов, синтезатор частот, модем, портативный компьютер, блок сопряжения, а также питания). Все электронные компоненты размещены в едином корпусе размером 19×25×23 см, на котором крепится антенна. Микротелефонная гарнитура расположена отдельно. Для связи через АТ абонент может использовать различную оконечную аппаратуру как открытой, так и закрытой связи (телефонный аппарат засекреченной связи (ЗАС), персональный компьютер, факс и т. д.), которая подключа-

ется к блоку сопряжения, имеющему 3 порта для аппаратуры ЗАС и 1 для открытой связи. Для засекречивания телефонных сообщений и данных, поступающих по порту открытой связи, блок сопряжения оснащен встроенным шифратором. Он соединен с приемником и передатчиком полевым кабелем.

Управление АТ «SCAMP» осуществляется от устройства типа AN/CYZ-10 (специализированный портативный компьютер), обеспечивающего формирование входных и выходных сообщений, выбор и ввод рабочих параметров в приемник (передатчик), загрузку криптоключей, непрерывный контроль за работоспособностью аппаратуры и диагностику ее неисправностей. Устройство AN/CYZ-10 позволяет предварительно устанавливать и хранить в памяти параметры 5 вариантов автоматического установления связи и работы в нескольких (до 20) радиосетях (радионаправлениях), а также обеспечивать аналогичные возможности для одного из них. Управление АТ «SCAMP» может осуществляться дистанционно – на расстоянии до 800 м. Терминал позволяет увеличивать дальность действия средств радиосвязи УКВ-диапазона серии «SINCGARS» путем ретрансляции получаемых от них данных в режиме передачи, а также имеет интерфейс для сопряжения с аппаратурой системы районной связи. Топопривязка и временная синхронизация аппаратуры АТ «SCAMP» производятся по данным, получаемым от внешнего малогабаритного приемника СРНС «NAVSTAR» типа AN/PSN-11. В комплекте терминала есть внешний громкоговоритель, который подключается к порту открытой связи блока сопряжения. Электропитание терминала осуществляется от двух встроенных аккумуляторных батарей (типа BA-5590 или BA-6590), а также от внешнего источника постоянного тока (бортовой сети БМ) или промышленной сети переменного тока напряжением 110/220 В через его блок питания.

АТ «SCAMP» транспортируется в двух легких упаковках (чемоданного типа, габаритом 63,5×34,3×27,9 см каждая). В первой размещаются все электронные компоненты (общая масса с аппаратурой составляет 16,8 кг), а во второй – комплект запасных частей и вспомогательных принадлежностей (блок питания, комплект соединительных кабелей, громкоговоритель и т. п.) массой 15,5 кг.

Обслуживает АТ «SCAMP» один оператор. Для перевода терминала из походного положения в рабочее и вхождения в связь требуется менее 10 мин. В развернутом виде терминал может работать при скорости ветра до 32 км/ч, при кратковременных порывах, когда его скорость достигает 48 км/ч в диапазоне температур от –32 до +49° С.

В середине 2000-х годов закончились работы по созданию АТ «SCAMP» следующего поколения – модели «Block II». При этом основное внимание уделялось уменьшению массы, габаритов, снижению энергопотребления и стоимости с одновременным повышением надежности, простоты эксплуатации, ремонтпригодности, а также унификации и стандартизации важнейших функциональных узлов. Достичь этого позволило широкое использование в конструкции антенны и упаковки композиционных материалов, а в электронных компонентах – монолитных интегральных схем миллиметрового диапазона волн.

В отличие от AN/PSC-11, АТ модели «SCAMP Block II» размещается в одной упаковке и имеет меньшие массу и диаметр антенны, а также оснащается встроенным приемником СРНС NAVSTAR, что позволило обеспечивать связь с более высокой скоростью передачи (как на стоянке, так и в движении), а также пейджинговую связь. Время развертывания и вхождения в связь уменьшилось в 2 раза, а среднее время наработки на отказ и непрерывной работы от одной аккумуляторной батареи повысилось также вдвое.

Терминал «SCAMP Block II» также способен обеспечивать ретрансляцию сигналов радиостанций «SINCGARS», работающих как в режиме передачи данных, так и в режиме передачи речевых сообщений. Всего для ВС планировалось закупить около 2500 АТ типа «SCAMP Block II». Данные терминалы предполагалось применять, кроме того, в системах президентской и дипломатической связи, а также в интересах сил быстрого развертывания и специального назначения. Также он рассматривался в качестве варианта для установки на борту некоторых типов стратегических платформ.

Характеристики наземных АТ для ССС АЕНФ представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики наземных АТ ССС АЕНФ [33, 34]

Наименование характеристики	Терминал SMART-T	Терминал SCAMP	
		Block I	Block II
Диапазон рабочих частот в линиях «вверх» / «вниз», ГГц	43,5-45,5/ 20,2-21,2	43,5-45,5/ 20,2-21,2	43,5-15,5/ 20,2-21,2
Вид связи	ТЛФ, ПД	ТЛФ, ПД, ТЛГ	ТЛФ, ПД
Количество каналов	64	4	2
Скорость передачи информации, кбит/с	0,075-2,4; 4,8-1544	0,075-2,4 (ПД); 2,4 (ТЛФ)	0,075-64; 2,4-64
Мощность передатчика, Вт	–	1,5 или 5	2,5 (3,5)
Коэффициент шума приемника, дБ	–	2,3	1,0
Антенна: диаметр, м; масса, кг	1,37	0,61; 1,36	0,45; 0,68
Среднее время наработки на отказ, ч	800	600	1250
Наличие встроенного приемника СРНС NAVSTAR	Есть	Нет	Есть
Напряжение питания, В	110/220	24	20-33
Емкость аккумуляторных батарей, А.ч	–	165	250
Продолжительность работы с одним комплектом батарей (при соотношении времени приема к передаче 9/1), ч		12	24/96
Масса, кг	681	13,6 с АКБ	5,5-6,8 с АКБ
Время развертывания, мин	30	10	5
Общее количество терминалов для ВС	313	2 310	2 549
Год ввода в эксплуатацию	1998	1998	2003

Примечание: ПД – передача данных; ТЛФ – телефонная связь; ТЛГ – телеграфная связь; АКБ – аккумуляторная батарея.

3.2. Наземный комплекс управления

Наземный сегмент ССС АЕНФ состоит из четырех составляющих.

1. Подсистема управления ОГ – осуществляет функции реконфигурации полезной нагрузки КА, обслуживания спутников и смены их орбитальных позиций.

2. Подсистема планирования связи – осуществляет функции задания конфигурации сетей и распределение частотного диапазона КА между АТ. В тактическом звене эти функции выполняют терминалы территориально-распределенной системы планирования связи AN/PYQ-19. В перспективе планируется замена терминалов AN/PSQ-17 на более современные AN/PYQ-19, создаваемые в рамках программы T-CDMP (Tactical Computer Digital Mission Planner).

3. Подсистема обслуживания – осуществляет функции мониторинга технического состояния ССС, обслуживание и ремонт наземных АТ.

4. Подсистема обучения и моделирования – осуществляет функции подготовки обслуживающего персонала и разработку перспектив модернизации ССС АЕНФ.

Вместе эти составляющие обеспечивают реализацию управления ОГ КА и наземной инфраструктуры.

Организационно наземный комплекс управления системы АЕНФ имеет распределенную структуру, состоящую из 2 стационарных центров управления, размещенных на АвБ Шривер (шт. Колорадо) и на АвБ Ванденберг (шт. Калифорния), и трех подвижных пунктов управления. Кроме того, для оперативного реагирования на изменения обстановки и перераспределения ресурсов системы в глобальном масштабе создается информационно-управляющая сеть, включающая 60 специализированных территориально разнесенных рабочих мест. В интересах обеспечения одновременного функционирования КА систем АЕНФ и Milstar командование ВВС США совместно с фирмой «Lockheed Martin» в 2010 г. завершило перевод функций управления КА Milstar на командно-измерительные станции системы АЕНФ. Наряду с этим были проведены мероприятия по передаче наземных сил и средств управления обеих систем в сформированную объединенную систему управления военными системами спутниковой связи США в составе Космических сил США.

Заключение

В статье представлена описательная модель геостационарной ССС АЕНФ. Данная модель может использоваться для формирования исходных данных при формализации связных процессов по аналогии с некоторыми отечественными геостационарными ССС специального назначения. Кроме того, данная модель может быть использована при проектировании АТ, функционирующих сов-

местно с ССС АЕHF, в перспективных международных проектах обеспечения услугами защищенной связи воинских подразделений организации объединенных наций (ООН) и при проведении совместных учений в рамках программы партнерства «Россия – ООН».

Литература

1. ATP 6-02.54. Techniques for satellite communications. – Washington, DC: Headquarters Department of the Army, 2020. – 98 p.
2. AEHF Payload Assured, protected, survivable communications // Northrop Grumman [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://www.northropgrumman.com/space/advanced-ehf-payloads> (дата доступа: 10.09.2024).
3. RCS: DD-A&T(Q&A)823-261. Advanced Extremely High Frequency Satellite (AEHF). As of FY 2021 President's Budget. Defense Acquisition Management Information Retrieval (DAMIR) [Электронный ресурс], 2021. – URL: https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/Selected_Acquisition_Reports/FY_2019_SARS/20-F-0568_DOC_04_AEHF_SAR_Dec_2019_Full.pdf (дата доступа: 10.09.2024).
4. Advanced EHF Assured, Protected, Survivable // Lockheed Martin Space Systems Company [Электронный ресурс], 2024. – URL: <https://spaceflightnow.com/atlas/av019/aehfbrochure.pdf> (дата доступа: 10.09.2024).
5. Fritz D. A., Doshi B. T., Oak A. C., Jones S. D., Burbank J. L., Miller H. L., Oetting J. D., Collins R. M., Gonzalez L. A., Nichols R. A. Military satellite communications: space-based communications for the global information grid // Johns Hopkins APL technical digest. 2006. Vol. 27. № 1. P. 32-40.
6. Einhorn A., Miller J. Spectrum management issues related to the AEHF system // MILCOM-2007 – IEEE Military Communications Conference. 2007. P. 1-7.
7. Boesiger E. A., Ford F. L. Design & Integration of the AEHF Payload Wing Deployment Assembly // 15th European Space Mechanisms and Tribology Symposium. 2013. Vol. 718. P. 16.
8. Schroth K., Burkhardt N., Che T. S., Pisano D. IP networking over the AEHF MilsatCom system // MILCOM 2012 – 2012 IEEE Military Communications Conference. 2012. P. 1-6.
9. Tarleton R. Advanced extremely high frequency satellite (AEHF). US Air Force, El Segundo, CA, USA, Tech. Rep. AD1018964. 2015.
10. Behrens P., Brown K., Davis A., Latimer J. D., Martin J. C., Peten R., etc. Final Environmental Assessment US Air Force Advanced Extremely High Frequency Satellite Program (AEHF). Space And Missile Systems Center Los Angeles AFB CA. 2001.
11. Clenet M. Design and analysis of a Yagi-like antenna element buried in LTCC material for AEHF communication systems. Defence R&D Canada-Ottawa. 2005.

12. Sacchi C., Rossi T., Murrioni M., Ruggieri M. Extremely high frequency (EHF) bands for future broadcast satellite services: Opportunities and challenges // IEEE Transactions on Broadcasting. 2019. Т. 65. № 3. P. 609-626.
13. Dudley R. S. Rescue in space // Air Force Magazine. 2012. № 1. P. 38-41.
14. Wang C., Zhang Z., Wu J., Chen C., Gao F. An overview of protected satellite communications in intelligent age // Science China Information Sciences, 2021. Т. 64. № 6. P. 161301.
15. Daily D. I. Next-stage C4ISR bandwidth: the AEHF satellite program. 2012.
16. Jiang N., He Y. Z. The Current Status and Development Trend for Communications Satellite Payloads // Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 543. P. 2238-2242.
17. Figliola P. M. US Military Space Programs: An Overview of Appropriations and Current Issues. 2006.
18. Dean M. V. U.S. Space-Based Nuclear Command and Control: A Guide // Aerospace [Электронный ресурс], 2023. – URL: https://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2023/01/130223_MV_SpaceNuclearFinal.pdf (дата доступа 10.09.2024).
19. Advanced Extremely High Frequency System // United States Space Force [Электронный ресурс], 2020. – URL: <https://www.spaceforce.mil/About-Us/Fact-Sheets/Article/2197713/> (дата доступа 12.09.2024).
20. Advanced Extremely High Frequency // Lockheed Martin [Электронный ресурс], 2020. – URL: www.lockheedmartin.com/aehf (дата доступа 12.09.2024).
21. Михайлов Р. Л. Описательные модели систем спутниковой связи как космического эшелона телекоммуникационных систем специального назначения. Монография. – СПб.: Научное издание, 2019. – 150 с.
22. Макаренко С. И. Использование космического пространства в военных целях: современное состояние и перспективы развития систем информационно-космического обеспечения и средств вооружения // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 4. С. 161-213. DOI: 10.24411/2410-9916-2016-10409.
23. Макаренко С. И. Описательная модель сети связи специального назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 2. С. 113-164. DOI: 10.24411/2410-9916-2017-10205.
24. Макаренко С. И. Перспективы и проблемные вопросы развития сетей связи специального назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 2. С. 18-68. DOI: 10.24411/2410-9916-2017-10202.
25. Макаренко С. И. Описательная модель системы спутниковой связи Iridium // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 4. С. 1-34. DOI: 10.24411/2410-9916-2018-10401.
26. Макаренко С. И. Описательная модель системы спутниковой связи Inmarsat // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 4. С. 64-91. DOI: 10.24411/2410-9916-2018-10404.

27. Макаренко С. И., Михайлов Р. Л., Новиков Е. А. Исследование канальных и сетевых параметров канала связи в условиях динамически изменяющейся сигнально-помеховой обстановки // Журнал радиоэлектроники. 2014. № 10. С. 2. – URL: <http://jre.cplire.ru/jre/oct14/3/text.pdf> (дата обращения 05.03.2019).

28. Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Описательная модель системы спутниковой связи WGS // Системы управления, связи и безопасности. 2024. № 1. С. 59-94. DOI: 10.24412/2410-9916-2024-1-059-094

29. WIN-T SATCOM Overview Briefing // Program Executive Office for Command, Control and Communications-Tactical (PEO C3T) [Электронный ресурс], 2013. – URL: <http://пеос3t.army.mil/wint/> (дата доступа: 20.09.2024).

30. Navy Multiband Terminal (NMT) // The Office of the Director, Operational Test and Evaluation [Электронный ресурс], 2017. – URL: <https://www.dote.osd.mil/Portals/97/pub/reports/FY2017/navy/2017nmt.pdf?ver=2019-08-19-113708-867> (дата доступа: 14.09.2023).

31. Modernizing U.S. Nuclear Command, Control, and Communications [Электронный ресурс], 2019. – URL: https://mitchellaerospacepower.org/wp-content/uploads/2021/02/a2dd91_ed45cfd71de2457eba3bcce4d0657196.pdf (дата доступа: 20.09.2024).

32. Свитов Р. Состояние и перспективы развития американских военных систем спутниковой связи // Зарубежное военное обозрение. 2013. № 12. С. 63-68. – URL: https://pentagonus.ru/publ/sostojanie_i_perspektivy_razvitija_amerikanskikh_voennykh_sistem_sputnikovoj_svjazi_2013/16-1-0-2501 (дата доступа: 10.09.2024).

33. Марчев Ю. Средства спутниковой связи сухопутных войск США. Часть 1 // Зарубежное военное обозрение. 2004. № 3. С. 30-36. – URL: <https://www.militaryarticle.vibrokatok.by/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2004-zvo/7220-sredstva-sputnikovoj-svjazi-suhoputnyh-vojsk-ssha> (дата доступа: 10.09.2024).

34. Ливанов И. Терминалы спутниковой связи миллиметрового диапазона ВВС США // Зарубежное военное обозрение. 2001. № 4. С. 32-37. – URL: <https://www.militaryarticle.vibrokatok.by/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2004-zvo/7220-sredstva-sputnikovoj-svjazi-suhoputnyh-vojsk-ssha> (дата доступа: 10.09.2024).

References

1. ATP 6-02.54. *Techniques for satellite communications*. Washington, DC, Headquarters Department of the Army, 2020. 98 p.

2. AEHF Payload Assured, protected, survivable communications // Northrop Grumman. 2024. Available at: <https://www.northropgrumman.com/space/advanced-ehf-payloads> (accessed 10 September 2024).

3. RCS: DD-A&T(Q&A)823-261. Advanced Extremely High Frequency Satellite (AEHF). As of FY 2021 President's Budget. Defense Acquisition Management Information Retrieval (DAMIR). 2021. Available at:

https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/Selected_Acquisition_Reports/FY_2019_SARS/20-F-0568_DOC_04_AEHF_SAR_Dec_2019_Full.pdf (accessed 10 September 2024).

4. Advanced EHF Assured, Protected, Survivable // Lockheed Martin Space Systems Company. 2024. Available at: <https://spaceflightnow.com/atlas/av019/aeafbroschure.pdf> (accessed 10 September 2024).

5. Fritz D. A., Doshi B. T., Oak A. C., Jones S. D., Burbank J. L., Miller H. L., Oetting J. D., Collins R. M., Gonzalez L. A., Nichols R. A. Military satellite communications: space-based communications for the global information grid. *Johns Hopkins APL technical digest*, 2006, vol. 27, no. 1, pp. 32-40.

6. Einhorn A., Miller J. Spectrum management issues related to the AEHF system. *MILCOM-2007 – IEEE Military Communications Conference*, 2007, pp. 1-7.

7. Boesiger E. A., Ford F. L. Design & Integration of the AEHF Payload Wing Deployment Assembly. *15th European Space Mechanisms and Tribology Symposium*, 2013, vol. 718, pp. 16.

8. Schroth K., Burkhardt N., Che T. S., Pisano D. IP networking over the AEHF MilsatCom systemю. *MILCOM 2012 – 2012 IEEE Military Communications Conference*, 2012, pp. 1-6.

9. Tarleton R. *Advanced extremely high frequency satellite (AEHF)*. US Air Force, El Segundo, CA, USA, Tech. Rep. AD1018964. 2015.

10. Behrens P., Brown K., Davis A., Latimer J. D., Martin J. C., Peten R., etc. *Final Environmental Assessment US Air Force Advanced Extremely High Frequency Satellite Program (AEHF)*. Space And Missile Systems Center Los Angeles AFB CA. 2001.

11. Clenet M. *Design and analysis of a Yagi-like antenna element buried in LTCC material for AEHF communication systems*. Defence R&D Canada-Ottawa. 2005.

12. Sacchi C., Rossi T., Murrioni M., Ruggieri M. Extremely high frequency (EHF) bands for future broadcast satellite services: Opportunities and challenges. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 2019, vol. 65, no. 3, pp. 609-626.

13. Dudley R. S. Rescue in space. *Air Force Magazine*, 2012, no. 1, pp. 38-41.

14. Wang C., Zhang Z., Wu J., Chen C., Gao F. An overview of protected satellite communications in intelligent age. *Science China Information Sciences*, 2021, vol. 64, no. 6, pp. 161301.

15. Daily D. I. *Next-stage C4ISR bandwidth: the AEHF satellite program*. 2012.

16. Jiang N., He Y. Z. The Current Status and Development Trend for Communications Satellite Payloads. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 543, pp. 2238-2242.

17. Figliola P. M. *US Military Space Programs: An Overview of Appropriations and Current Issues*. 2006.

18. Dean M. V. U.S. Space-Based Nuclear Command and Control: A Guide. *Aerospace*. 2023. Available at: https://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2023/01/130223_MV_SpaceNuclearFinal.pdf (accessed 10 September 2024).

19. Advanced Extremely High Frequency System. *United States Space Force*, 2020. Available at: <https://www.spaceforce.mil/About-Us/Fact-Sheets/Article/2197713/> (accessed 10 September 2024).

20. Advanced Extremely High Frequency. Lockheed Martin, 2020. Available at: www.lockheedmartin.com/aehf (accessed 12 September 2024).

21. Mikhailov R. L. *Opisatelnye modeli sistem sputnikovoj svyazi kak kosmicheskogo eshelona telekommunikacionnyh sistem specialnogo naznacheniya. Monografiya* [Descriptive models of satellite communication systems as a space echelon of special purpose telecommunication systems. Monograph]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tekhnologii Publ., 2019. 150 p. (in Russian).

22. Makarenko S. I. Information-Space Systems and Space Weapons – Current State and Prospects of Improvement. *Systems of Control, Communication and Security*, 2016, no. 4, pp. 161-213. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-04/09-Makarenko.pdf> (accessed 03 March 2019) (in Russian).

23. Makarenko S. I. Descriptive Model of a Special Purpose Communication Network. *Systems of Control, Communication and Security*, 2017, no. 2, pp. 113-164 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2017-10205.

24. Makarenko S. I. Prospects and Problems of Development of Communication Networks of Special Purpose. *Systems of Control, Communication and Security*, 2017, no. 2, pp. 18-68 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2017-10202

25. Makarenko S. I. Descriptive Model of Iridium Satellite Communication System. *Systems of Control, Communication and Security*, 2018, no. 4, pp. 1-34 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2018-10401

26. Makarenko S. I. Descriptive Model of Inmarsat Satellite Communication System. *Systems of Control, Communication and Security*, 2018, no. 4, pp. 64-91 (in Russian). DOI: 10.24411/2410-9916-2018-10404

27. Makarenko S. I., Mikhailov R. L., Novikov E. A. The research of data link layer and network layer parameters of communication channel in the conditions of dynamic vary of the signal and noise situation. *Journal of Radio Electronics*, 2014, no. 10, pp. 2. Available at: <http://jre.cplire.ru/jre/oct14/3/text.pdf> (accessed 05 March 2019) (in Russian).

28. Makarenko S. I., Mikhailov R. L. Descriptive Model of WGS Satellite Communications System. *Systems of Control, Communication and Security*, 2024, no. 1, pp. 59-94 (in Russian). DOI: 10.24412/2410-9916-2024-1-059-094

29. WIN-T SATCOM Overview Briefing. Program Executive Office for Command, Control and Communications-Tactical (PEO C3T) Available at: <http://peoc3t.army.mil/wint/> (accessed 10.09.2024).

30. Navy Multiband Terminal (NMT). The Office of the Director, Operational Test and Evaluation, 2017. Available at:

<https://www.dote.osd.mil/Portals/97/pub/reports/FY2017/navy/2017nmt.pdf?ver=2019-08-19-113708-867> (accessed 14.09.2023).

31. Modernizing U.S. Nuclear Command, Control, and Communications, 2019. Available at: https://mitchellaerospacepower.org/wp-content/uploads/2021/02/a2dd91_ed45cfd71de2457eba3bcce4d0657196.pdf (accessed 10.09.2024).

32. Svitov R. Sostoyanie i perspektivy razvitiya amerikanskih voennykh sistem sputnikovoy svyazi [The state and prospects of development of American military satellite communication systems]. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, 2013, no. 12, pp. 63-68. Available at: https://pentagonus.ru/publ/sostojanie_i_perspektivy_razvitija_amerikanskikh_voennykh_sistem_sputnikovoj_svyazi_2013/16-1-0-2501 (accessed 10.09.2024).

33. Marchev Yu. Sredstva sputnikovoy svyazi suhoputnykh voysk SSHA. Chast' 1 [Satellite communications facilities of the US Army. Part 1] *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, 2004, no. 3, pp. 30-36. Available at: <https://www.militaryarticle.vibrokatok.by/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2004-zvo/7220-sredstva-sputnikovoj-svyazi-suhoputnykh-voysk-ssha> (accessed 10.09.2024).

34. Livanov I. Terminaly sputnikovoy svyazi millimetrovogo diapazona VVS SSHA [MM-band satellite communication terminals of the US Air Force]. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, 2001, no. 4, pp. 32-37. Available at: <https://www.militaryarticle.vibrokatok.by/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2004-zvo/7220-sredstva-sputnikovoj-svyazi-suhoputnykh-voysk-ssha> (accessed 10.09.2024).

Статья поступила 17 сентября 2024 г.

Информация об авторах

Михайлов Роман Леонидович – доктор технических наук, доцент. Научно-педагогический работник. Военный университет радиоэлектроники. Область научных интересов: информационные конфликты, координация подсистем наблюдения и воздействия. E-mail: cvviur6@mil.ru

Адрес: 162622, Вологодская обл., г. Череповец, Советский пр., д. 126.

Макаренко Сергей Иванович – доктор технических наук, доцент. Профессор кафедры информационной безопасности. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина). Советник генерального директора. ПАО «Интелтех». Область научных интересов: сети и системы связи; радиоэлектронная борьба; информационное противоборство. E-mail: mak-serg@yandex.ru

Адрес: Россия, 197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5.

Descriptive Model of AEHF Satellite Communications System

R. L. Mikhailov, S. I. Makarenko

Relevance. Providing communication services for military units which protect the interests of Russia beyond its borders requires the creation of special-purpose satellite communication systems (SATCOMM) with a global coverage area. Currently such projects are being developed in Russia. Simultaneously the technical decision making of geostationary SATCOMM requires the source data for modeling various ways of building the communication services. Another technologically advanced SATCOMM - AEHF (Advanced Extremely High Frequency), which provides protected operational, tactical and strategic link of the US armed forces, can be used for form that kind of the source data and may be a prototype of a special-purpose SATCOMM. **The aim of the paper** is to form a descriptive model of AEHF. The descriptive model will be used for development of the source data for create of the new Russian's SATCOMMs. **Results and their novelty.** The element of practical novelty of the paper is the revealed general technological features of special-purpose SATCOMM by the example of AEHF. **Practical significance.** Presented descriptive model will be useful for technical specialists to substantiate new technological solutions for domestic special-purpose SATCOMM. In addition, the model will be helpful for scientists who conduct research in the field of satellite communications.

Keywords: model, descriptive model, satellite communication system, SATCOMM, protected satellite communication system, Advanced Extremely High Frequency, AEHF.

Information about Authors

Roman Leonidovich Mikhailov – Dr. habil. of Engineering Sciences, Docent. Scientific and pedagogical worker. Military University of Radio Electronics. Field of research: information warfare, coordination of monitoring and impact subsystems. E-mail: cvviur6@mil.ru

Address: Russia, 162622, Vologda region, Cherepovets, Sovetskiy prospect, 126.

Sergey Ivanovich Makarenko – Dr. habil. of Engineering Sciences, Docent. Professor of Information Security Department. Saint Petersburg Electrotechnical University 'LETI'. Advisor to the CEO. JSC "Inteltech". Field of research: stability of network against the purposeful destabilizing factors; electronic warfare; information struggle. E-mail: mak-serg@yandex.ru

Address: Russia, 197376, Saint Petersburg, Professor Popov Street, 5.