ПОСТРОЕНИЕ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ АЭРОПЛАТФОРМ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Карпов М. А. [1] ***, Лукьянчик В. Н.*** [2]***, Васильева Т. Г.*** [3]

Ключевые слова: *спутниковая связь, сеть связи, объект связи, поток сообщений, аэростат, дирижабль, устойчивость, канальная ёмкость, управление.*

Цель исследования: *Разработать научно-технические предложения построения инфотелекоммуникационной сети в Арктической зоне на основе аэроплатформ при применении современных и перспективных технологий для управления разновидовой группировкой войск, дислоцированной в морской зоне и сухопутной части вновь созданного Ленинградского военного округа.*

Метод исследования: *Аналитический с частичным привлечением математического аппарата для определения зоны прямой видимости для средств УКВ диапазона частот и зоны покрытия территории (района боевых действий) поднятого ретранслятора связи, находящегося на аэроплатформе.*

Результат исследования: *в области построения инфотелекоммуникационной сети на основе аэроплатформ различного назначения при их развёртывании (подъёме) в зоне действия войск в пунктах постоянной дислокации и при выполнении боевых задач по предназначению.*

По результатам исследований выявлено:

- в подчинение Ленинградского военного округа перешли войска, размещённые на островах Северного ледовитого океана Арктической зоны РФ;
- имеющееся (созданное) в АЗ РФ информационное поле не имеет необходимой глубины построения, носит очаговый характер и не обеспечивает выполнение задач военного управления в необходимом объеме;
- существующая система связи в АЗ РФ по своей структуре, канальной ёмкости и устойчивости не соответствует потребностям системы управления развёрнутой группировки войск (сил);
- значительные расстояния пунктов управления воинских частей от штаба ВО, а также между островами определяют необходимость развёртывать линии связи беспроводными средствами связи, в том числе и средства беспроводного доступа, размещённых на аэроплатформах (аэростатах, дирижаблях, БПЛА).

В статье в теоретическом плане обосновано построение инфотелекоммуникационной сети на основе высокоподнятых аэроплатформ с возможностью передачи значительных потоков информации в пределах зоны обслуживания, а также широкополосного беспроводного доступа (ШБД) подвижных (мобильных) абонентов на основе технологий из опыта их применения в СВО.

В статье приведены практические рекомендации по высоте подъёма аэроплатформ для создания зоны покрытия требуемой площади (размера) в зависимости от необходимости обеспечения связи воинских формирований, размещённых на определённой территории.

Формируемая телекоммуникационная инфраструктуры в АЗ РФ создаётся как совокупность беспроводных телекоммуникационных средств для предоставления информационных, навигационных и других услуг на основе беспроводных транспортных сетей и сетей абонентского доступа. В качестве технологий беспроводного широкопроводного доступа могут найти применение такие. как Wi-Mix, Wi-Fi, LTE-450, Mc-WiL, из опыта развертывания сетей БШПД в СВО.

[1] Карпов Михаил Андреевич, кандидат технических наук, начальник отдела научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург. E-mail: Karpuh.djan@mail.ru

[2] Лукьянчик Валентин Николаевич, кандидат военных наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург. E-mail: v-lukyanchik@bk.ru

[3] Васильева Татьяна Геннадьевна, научный сотрудник научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург.

DOI 10. 24682/2222-5555-2024-1-77-93

Практическая ценность исследования: *определяется глубиной обоснования и рассмотрения особенностей создания телекоммуникационной системы на основе высокоподнятых аэроплатформ в составе аэростатов (дирижаблей) и телекоммуникационного оборудования для обеспечения пользователям возможности передачи значительных потоков информации в пределах зоны обслуживания, а также широкополосного беспроводного доступа в Арктической зоне со слабо развитой инфраструктурой в отношении связи Ленинградского военного округа.*

ВВЕДЕНИЕ

Арктика – обширная область северного полушария, площадью около 25 млн. кв. км, из которых 15 млн. кв. км приходится на водные пространства. К ней относятся сектор Северного Ледовитого океана с окраинными морями – Баренцевым, Карским, Лаптевых, Восточно-Сибирским, Чукотским, многочисленные острова и архипелаги, прибрежная полоса континентальной части Евроазиатского материка.

Для Министерства обороны пространство в Арктической зоне (АЗ) представляет особую значимость в рамках обеспечения безопасности северных границ Российской Федерации, В морской зоне (на островах), прибрежной полосе вдоль Северного Ледовитого океана и на сухопутной части развёрнуты силы с средства Ленинградского военного округа получившего статус 1 марта 2024 года Указом Президента Российской Федерации №141.

Расстояния между штабами объединений, соединений и воинских частей в ряде случаев достигает сотен километров, что создаёт определённые трудности для функционирования системы управления в Арктической зоне Российской Федерации (АЗ РФ). Причиной этому является недостаточная развитость системы связи в прибрежной полосе вдоль Северного Ледовитого океана, на островах, где развёрнуты военные базы, а также между базами различных островов [1,2].

Развернутая в настоящее время в АЗ система связи не имеет необходимой глубины построения, носит очаговый характер и не обеспечивает выполнение задач военного управления в необходимом объеме [3,4].

Для обеспечения решение задач в интересах эффективного управления войсками и оружием, обеспечения повседневной деятельности войск, их готовности к отражению агрессии и ведения военных действий, а также при решении ими задач в сфере военной безопасности, защиты и охраны государственной границы, пролегающей в АЗ Российской Федерации, как в мирное, так и в военное время необходимо решить задачу создания соответствующей информационно-телекоммуникационной инфраструктуры.

Для успешного решения задач управления имеющимися и дополнительно развертываемыми объектами силовых и коммерческих структур в районе Арктической зоны в настоящее время осуществляются и планируются к реализации новые проекты по совершенствованию телекоммуникационной инфраструктуры Российской Федерации. С учетом специфики региона важнейшей составляющей такой инфраструктуры является система связи военного назначения.

Существующая система связи в АЗ РФ базируется на тракты и каналы связи различных операторов связи Единой сети связи (ЕСЭ) России, ведомственные сети других силовых структур, линии ОАО «Газпром», развёрнутые различными средствами связи, а также линии связи Министерства обороны. По своей структуре, канальной ёмкости и устойчивости она не соответствует потребностям системы управления развёрнутой группировки войск.

Первичная сеть связи этой системы представляет собой сеть радиолиний сверхдлинноволнового (СДВ), коротковолнового (КВ) и ультракоротковолнового (УКВ) диапазонов волн, сеть спутниковой связи, базирующуюся на ретрансляторы спутников, движущихся по геостационарным и высокоэллиптическим орбитам, линии проводной и оптико-волоконной связи. Однако из-за особенностей работы радиосредств в северных широтах (находящихся на широтах, превышающих 700), радиосвязь на ряде участков частотного диапазона является неустойчивой, что естественно сказывается на устойчивости и непрерывности управления войсками.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ СЕТЬ НА ОСНОВЕ АЭРОПЛАТФОРМ

Научный поиск решений по повышению качества функционирования системы связи военного назначения в АЗ показал, что одним из рациональных путей решения этой задачи является развертывание в этом регионе России ретрансляторов связи на основе аэроплатформ, представляющих летно-подъёмных средствах на аэростатах, дирижаблях, высотных беспилотных летательных аппаратах (ВБПЛА), летающих в стратосфере.

Целесообразность применения таких ретрансляторов обусловлена следующими факторами:

- пространственным размахом и прогнозируемой динамикой военных действий в условиях Арктики;
- особенностями природно-климатических условий района возможных боевых действий;
- необходимостью обеспечения связи с войсками (силами), рассредоточенными на значительной территории и находящихся в одной зоне связи (архипелаге островов, на материковой части Арктического региона), или в одном кластере (острове, тактической зоне);
- потребностью в резервировании стационарных линий связи Минобороны и ЕСЭ России на определённой территории (наиболее важных информационных направлениях) [5].

Анализ проведенных в период 2010–2024 годов исследований показал, что одним из возможных направлений совершенствования связи в АЗ РФ может стать создание сети ретрансляторов, размещенных на базе дистанционно управляемых беспилотных летательных аппаратов (ДУПЛА) и наземных приёмопередающих средств. Такие средства могут быть носимыми, возимыми или размещаться на стационарных объектах связи [6-8].

По существу, в этом регионе должна быть развернута система беспроводной связи с задействованием потенциальных возможностей высотно-поднятых ретрансляторов связи (ВПРС), носителями которых могут быть дирижабли, аэростаты и БПЛА. В дальнейшем под ВПРС будем понимать высокоподнятые аэроплатформы (ВА). То есть, для реализации концепции создания телекоммуникационных аэроплатформ целесообразно использовать беспилотные аэростаты и дирижабли, способные не только подниматься на большие высоты, но и находиться там продолжительное время.

Преимуществом ВА, размещаемых на аппаратах легче воздуха, является их малая заметность в радиолокационном и даже оптическом диапазонах, а также высокая устойчивость носителя от воздействия оружия противника. К тому же, с учетом последних достижений в производстве высокопрочных материалов, которые могут применяться для изготовления корпусов носителей, а также в области микроэлектроники, ВА могут поднимать на требуемую высоту комплекс технических средств, обладающих значительными возможностями по обеспечению связи.

Высокоподнятая аэроплатформа для телекоммуникационных систем представляет собой летательный аппарат, который может достаточно долго находиться в воздушном пространстве, нести груз с телекоммуникационным оборудованием, обеспечивать его работоспособность и выполнять, по возможности, ориентирование антенных систем в определенную зону на поверхности Земли. Наибольший интерес представляют высотные аэроплатформы, расположенные на высотах более 14 км в зоне, свободной от путей гражданской авиации и используемой только истребительной и разведывательной авиацией.

Исследованиями особенностей атмосферы Земли установлено, что воздушные потоки в стратосфере относительно постоянные, однако, существуют некоторые сезонные и территориальные перепады скорости и направления ветра. Поэтому ключевой проблемой при использовании высотных аэроплатформ является поддержка их стабильного положения (зависания) в пространстве [9].

В зависимости от способа соединений бортового телекоммуникационного оборудования аэростатных носителей с наземными техническими средствами можно выделить два вида аэроплатформ: привязные, если соединение реализуется через кабель, крепящийся к летательному аппарату, и свободно подъёмные, не имеющие ограничивающего их движение привязного канатного вооружения. К свободно подъёмным относятся также и дирижабли.

Источником электроэнергии для телекоммуникационного оборудования могут служить наземная станция (только для аэростатов), бортовая топливная энергоустановка или солнечные батареи. Последние эффективны только для высокоподнятых платформ, расположенных в зоне высокого уровня солнечного излучения. Некоторые стратосферные аэроплатформы могут обеспечить энергией от своих солнечных батарей не только бортовое оборудование, но и аппаратуру, которая обеспечивает движение платформы. Это, в свою очередь, позволяет создать полностью автономную долголетающую аэроплатформу.

Таким образом, для телекоммуникационных целей могут использоваться аэроплатформы на базе аэростатов и дирижаблей.

Аэростат – это летательный аппарат легче воздуха. Различают аэростаты управляемые (дирижабли, моторизованные аэростаты с двигателями и воздушными винтами), неуправляемые (сферические аэростаты, или воздушные шары, стратостаты, радиозонды и т.п.) и привязные. Наиболее устойчивое положение в пространстве может сохранять привязной аэростат, у которого энергетическое обеспечение осуществляется по

кабелю с земли и (или) энергетической установкой на борту аэростата.

Привязной аэростат является частью аэростатного комплекса (рисунок 1). Кроме самого аэростата комплекс содержит кабель-трос, полезный груз и комплекс наземного обслуживания (НКО).

Привязной аэростат представляет собой платформу-носитель полезного груза. Кабель-трос удерживает аэростат во время подъема, спуска и стоянки на рабочей высоте, обеспечивая электроснабжение бортовых систем и полезного груза, а также отвод молнии и статического электричества. Наземный комплекс обслуживания гарантирует нормальное функционирование аэростата на рабочей высоте, его подъем и спуск, наземное обслуживание на всех этапах работы, а также обслуживание полезного груза (комплекса технических средств связи и автоматизации).

Комплекс наземного обслуживания содержит в себе удерживающее устройство, оснащенное аэростатной лебедкой, средствами газо- и воздухораздела, профилактического обслуживания, энергоснабжения, управления, радиосвязи, а также другими системами и оборудованием.

Другим типом носителей телекоммуникационного оборудования в АЗ РФ могут являться дирижабли, которые являются дальнейшим развитием аэростатов, способных к самостоятельному движению в воздушной массе

Дирижабль – это управляемый летательный аппарат (аэростат) легче воздуха, удлиненной формы. В конструкциях современных дирижаблей реализованы основные концепции современного дирижаблестроения: возможность взлета и посадки как вертикально, так и с укороченным разбегом; полет без затраты подъемного газа; управление вектором тяги воздушных винтов в вертикальной плоскости; возможность базирования как на наземных аэродромах, так и на гидродромах и подготовленных естественных площадках; применение дополнительного рулевого двигателя; использование современных

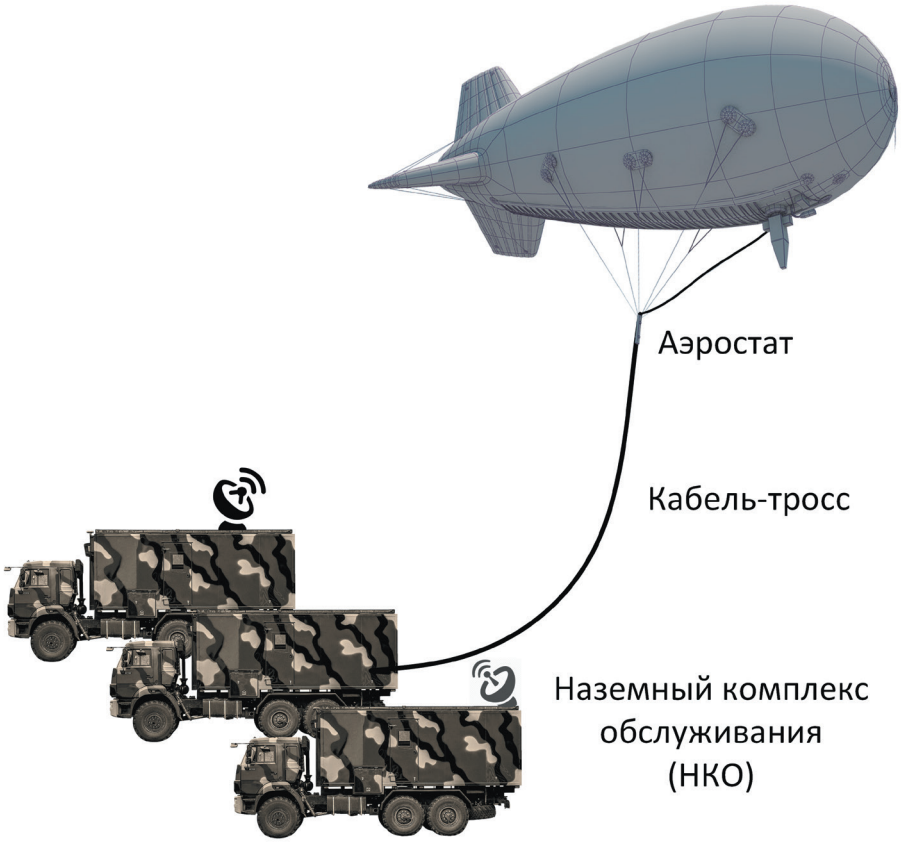

Рис.1. Аэростатный комплекс

материалов и бортового оборудования. Все это делает дирижабли наиболее привлекательными для использования в качестве аэроплатформ для телекоммуникационных систем.

На небольших высотах (до 6...7 км) дирижабли с объемом оболочки до 80000 м3, применяющиеся в качестве транспортных и патрульных средств, демонстрируют хорошие результаты. Но с подъемом в стратосферу при увеличении объемов оболочек до сотен тысяч кубических метров эффективность движущих силовых установок дирижаблей снижается.

Основной задачей телекоммуникационной системы на основе высокоподнятых аэроплатформ (ТСВА) является обеспечение пользователям возможности передачи значительных потоков информации в пределах зоны обслуживания, а также беспроводного широкополосного доступа (БШПД) подвижных (мобильных) абонентов [10].

Исследование возможностей технических средств по обмену информационными сообщениями позволили установить, что БШПД обеспечивает абонентский доступ к информационным ресурсам со скоростями передачи и качеством обслуживания, которые не достигаются традиционными системами наземной сотовой телефонной и фиксированной спутниковой связи. Для охвата всех пользователей ТСВА в АЗ РФ целесообразно иметь три уровня ее структуры, охватывающие стратегическую, оперативную и тактическую зоны.

Общая структурная схема ТСВА приведена на рисунке 2.

В зависимости от отношения к службам связи, БШПД может быть фиксированным *FWA (Fixed Wireless Access)*, подвижным MWA *(Mobile Wireless Access)* или переносным *NWA (Nomadic Wireless Access)*.

Системы БШПД, поддерживающие беспроводный обмен более чем одного из следующих видов информационных сообщений – текста, звука, изображения, данных, видео, графики и звука, называемых мультимедийными беспроводными системами *MWS* (*Multimedia Wireless System*).

Применительно к задачам военной связи в АЗ РФ, структура ТСВА должна соответствовать принятой системе управления войсками и основным положениям по построению системы связи с учётом группировки войск (сил) Военного округа, развёрнутой на территории региона (материковой части и островах), а также используемым беспилотным аэростатам.

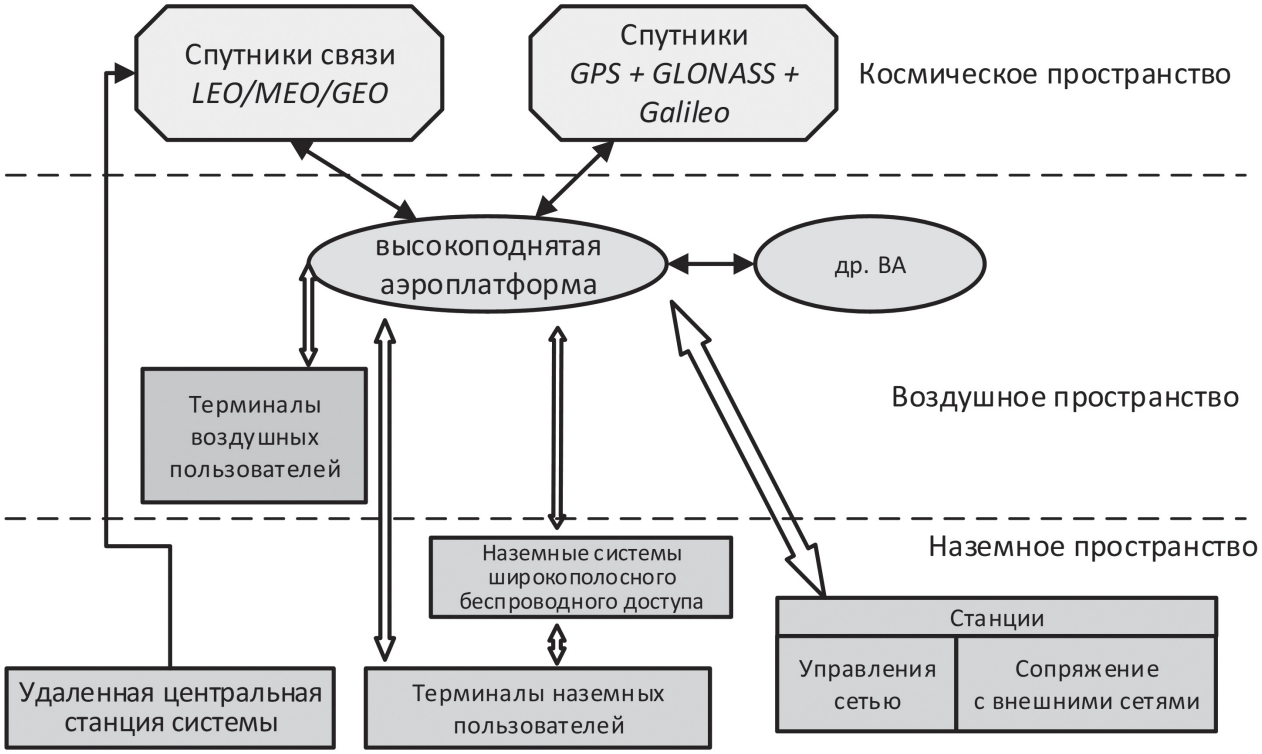

Рис. 2. Общая структурная схема ТСВА в Арктической зоне

В состав ТСВА входят:

- станция на базе высокоподнятой аэроплатформы (СВА), представляющая собой ретранслятор связи, расположенный на аэроплатформе в стратосфере;
- наземная станция сопряжения с внешними сетями (шлюзовая станция);
- наземная станция управления сетью;
- терминалы воздушных пользователей;
- терминалы наземных пользователей.

На обслуживаемой территории ТСВА обеспечивает прямой обмен разнородным трафиком (голос, данные, видео) между пользователями, а для установления связи с внешними источниками информации и пользователями использует наземные сети общего пользования и спутниковые каналы связи.

При определении степени применения ВА в АЗ РФ требуется решить большое число вопросов не только технического, но, в первую очередь, организационного, общетеоретического и экономического планов. К примеру, сколько ВА и на какой высоте необходимо разместить, исходя из физико-географических условий АЗ (размера и удаления островов, прибрежной части и др.), потребностей органов военного управления (ОВУ) по руководству войсками (силами), с учетом их оперативного предназначения в мирное и военное время, какой носитель целесообразнее применять и другие вопросы.

В общетеоретическом плане имеется значительное число отечественных и зарубежных научных трудов, в которых исследована проблема применения ретрансляторов с точки зрения распространения радиоволн. Из теории применения ретрансляторов, размещаемых в воздушной среде и предполагающихся к применению для обеспечения ретрансляции УКВ радиосигналов следует, что дальность прямой видимости в УКВ диапазоне из двух точек, поднятых над поверхностью Земли на определенную высоту (рисунок 3), определяется известным выражением

$$r_{0\,,\text{км}} = 3{,}57\,(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \qquad (1)$$

где высоты $h1$ и $h2$ выражаются в метрах.

Приведенное выражение (1) может быть применено при поиске ответа на вопрос о необходимой и достаточной высоте подъема ВА, обеспечивающего поддержание связи с подвижными и другими объектами в полосе действий объединения, соединения, воинской части.

В условиях предъявления достаточно жестких требований к устойчивости сети, развертываемой с применением ВА, и своевременности связи, организуемой таким образом, радиус «площади покрытия» средствами, размещаемыми на аэроплатформе, не может быть меньше половины длины диагонали прямоугольника, охватывающего полосу действий объединения (соединения).

Ширина и глубина боевых действий в обороне будут иметь размеры, в общем виде интерпретированные рисунком 4. В наступлении стороны прямоугольника поменяются местами. То есть, меньшая его сторона будет соответствовать ширине, а большая – глубине построения войск при наступательных действиях объединения (соединения).

С точки зрения правил построения геометрических фигур в пространстве, для охвата территории, занимаемой войсками объединения, ретранслятор необходимо размещать в точке А, являющейся вершиной конуса (рисунок 5). Радиусом основания этого конуса должен быть радиус описанной вокруг полосы боевых действий (зоны покрытия) окружности. На рисунке 5 изображено вертикальное сечение такой фигуры.

Из анализа рисунка 4 следует, что часть территории, на которой осуществляется уверенный прием сигнала от ретранслятора, с учетом выполнения требований по высоте его подъема,

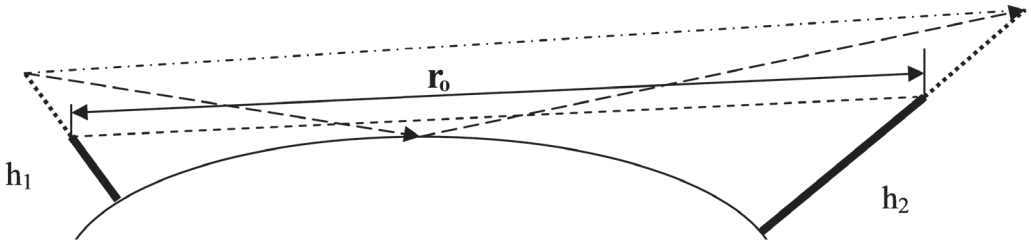

Рис.3. К расчету прямой видимости между двумя объектами с учетом кривизны поверхности Земли

будет находиться вне полосы размещения своих войск (заштрихованный сектор). То есть из этого района противник может вести радиоразведку всех сигналов, ретранслируемых ВА. Для уменьшения вероятности приема сигналов потребуется или уменьшение высоты подъема аэростата, что исключит выполнение условия по обслуживанию им территории, занимаемой войсками, или развертывание нескольких ретрансляторов, взаимодействующих между собой по вопросам обеспечения связи.

Преобразуя выражение (1), получим соотношение (2) расчёта высоты подъема ретранслятора (ВА) для требуемого охвата территории (площади её покрытия), занимаемой войсками объединения (соединения), развернутыми в интересах выполнения задач по оперативному предназначению (ведения боевых действий):

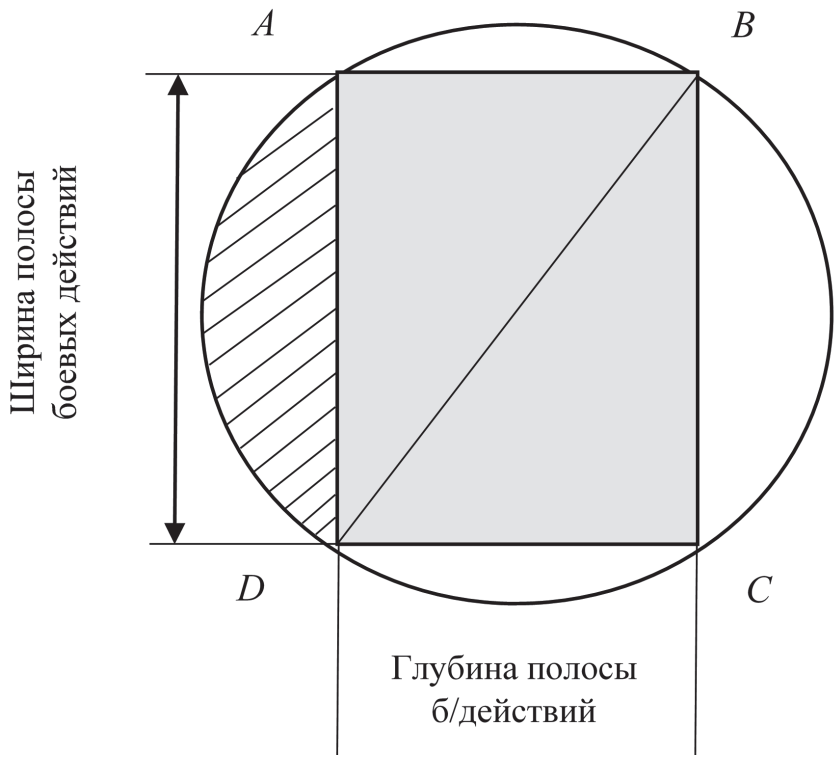

Рис. 4. Соотношение полосы боевых действий и требуемой зоны покрытия ретранслятора связи

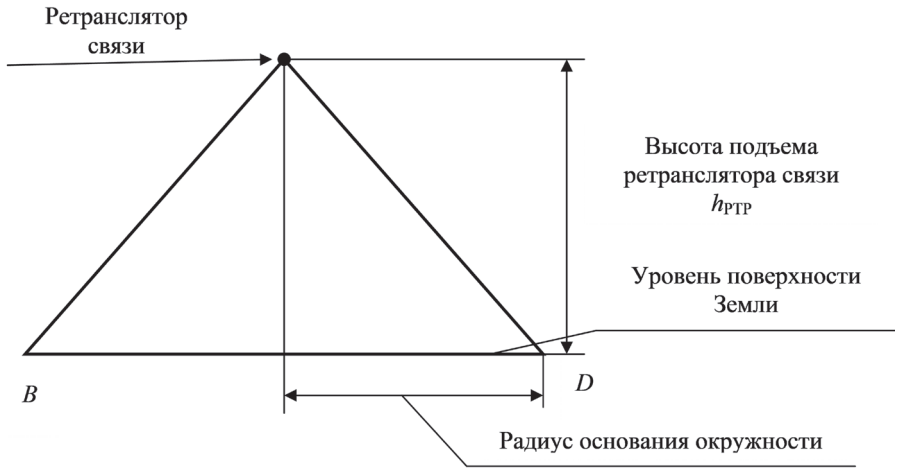

Рис. 5. К понятию о высоте подъема ретранслятора связи

$$h_{\text{РТР}} = \frac{r_0^2}{4\,(3{,}57)^2} = \frac{r_0^2}{50{,}9796}, \qquad (2)$$

где ro – радиус окружности основания конуса (рисунок 4).

Результаты вычислений высоты подъема ретранслятора для охвата территории в АЗ РФ, занимаемой объединениями и соединениями (воинскими частями), могут являться исходными данными для практической реализации подъёма ВА на лётно-подъёмных средствах.

Радиус действия ТСВА представляет собой отдельную зону связи, которая позволяет создавать на ее базе многосотовую сеть с обеспечением межзонового и межсотового трафика исключительно через ВА из ряда СВА и спутниковой макросоты. На рисунке 6 приведен вариант структуры многозоновой ТСВА.

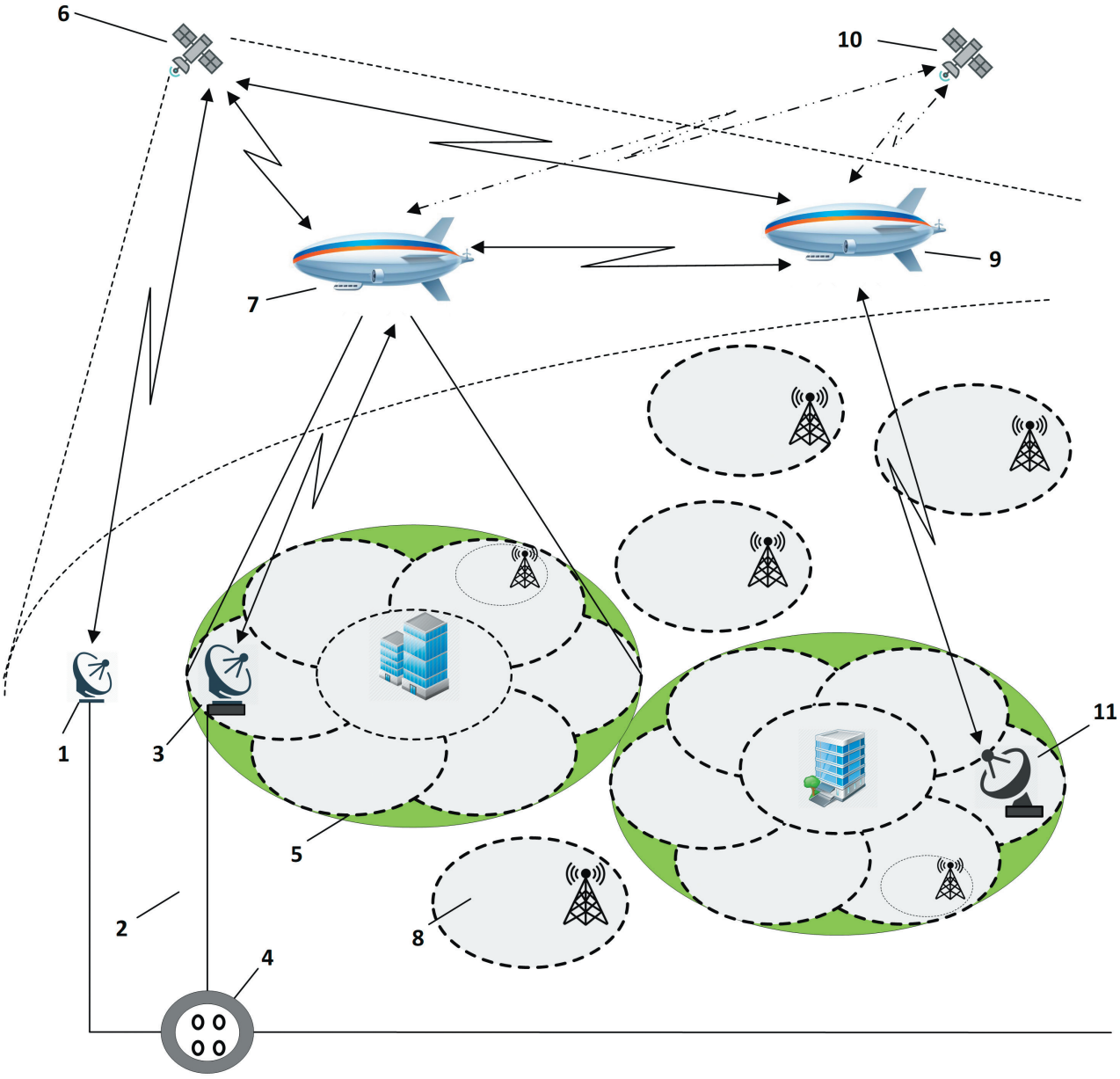

Рис. 6. Структура многозоновой ТСВА (вариант) Цифрами на рисунке обозначены:
1 – спутниковая наземная станция; 2 – спутниковая макросота; 3, 11 – наземные станции сопряжения; 4 – магистральная линия связи; 5 – зона ТСВА; 6 – спутник связи; 7, 9 – аэроплатформа с СВА; 8 – наземные сотовые беспроводные системы; 10 – навигационный спутник ГЛОНАСС/GPS.

В зависимости от реализуемой площади покрытия и плотности информационного трафика ТСВА формируются следующие зоны обслуживания, которыми обозначается покрытие радиосистемами определенных участков местности в АЗ РФ:

- тактическая зона. Она охватывает отдельный район, территорию (остров) в радиусе до 30…40 км. Основная ее особенность – большая плотность обслуживания;
- оперативная зона, охватывающая территорию в радиусе 100…150 км. От других зон она отличается средней плотностью обслуживания потребителей ретранслируемого ресурса;
- стратегическая зона имеет наибольший радиус (500 км и более) и наименьшую плотность обслуживания.

Для охвата пользователей в соответствующей зоне возможно применение аэроплатформы на аэростатах, поднимаемые на высоты 100…1500 м (низкоподнятые) и 3000…4000 м (среднеподнятые) ретрансляторы связи, а также БПЛА с возможностью длительного нахождения в воздухе и имеющих достаточную полезную нагрузку (не менее 7 –10 кг). На высотах 15000…20000 м размещают высокоподнятые ретрансляторы связи, носителями которых являются дирижабли.

Предварительные расчеты показывают, что с учетом высоты подъёма аэроплатформ (20000 метров), технические средства, размещенные на борту такого носителя, способны обеспечить ресурсом ретрансляции наземные объекты, расположенные в условной площади круга диаметром 500 – 600 километров (рисунок 7).

Такие аэроплатформы в АЗ РФ целесообразно размещать на островах Земля Франца Иосифа, Новая Земля, Северная Земля, Новосибирские острова. Анализ проводимых исследований в области применения воздушных ретрансляторов связи позволяет утверждать, что это позволит обеспечивать связь на островных территориях, а также между островами, обеспечивая взаимодействие войск и связь судам в водах Северного Ледовитого океана и морях. Для прикрытия Кольского операционного направления ВА может быть развёрнута в районе населённого пункта Североморск.

В организуемой ТСВА формируется зона обслуживания (действия), в пределах которой создается необходимый для приема наземной

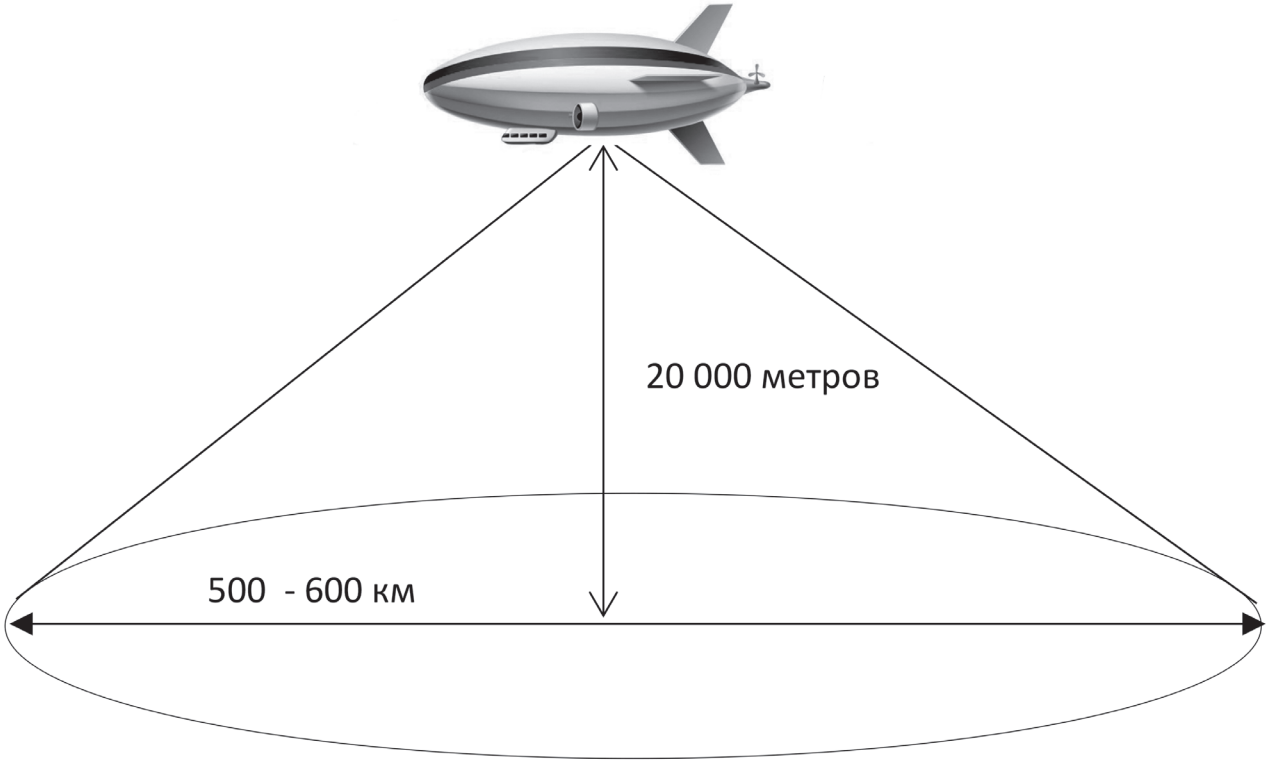

Рис.7. Зона освещенности земной поверхности, на которой возможно осуществление радиосвязи наземных объектов с задействованием ресурса ретранслятора связи на борту ВА

DOI 10. 24682/2222-5555-2024-1-77-93

станцией уровень сигнала, излучаемого СВА, а также обеспечивается необходимый уровень сигнала от наземной станции на входе приемника СВА с соблюдением необходимых защитных интервалов по отношению к мешающим сигналам других систем.

Для доступа мобильных абонентов на СВА используется (устанавливается) многолучевая антенна для формирования многосотовой (многоячеистой) зоны покрытия. В такой зоне покрытия односотовая зона обслуживания формируется с помощью одного луча антенны СВА.

В общем случае проекцию луча антенны с симметричной круговой диаграммой ДН на поверхность Земли можно смоделировать в виде пересечения конуса с плоской поверхностью. При этом могут иметь место четыре формы пересечения: круг при условии перпендикулярности продольной оси симметрии конуса и плоскости поверхности (луч антенны строго направлен вниз от СВА); эллипс, когда продольная ось конуса пересекает плоскость поверхности под углом, не равным $\theta = 0$; парабола, если плоскость поверхности пересекает конус параллельно его образующей; гипербола, когда при больших углах θ луч антенны не будет полностью попадать на поверхность Земли.

Наибольший интерес для анализа работы многосотовой зоны покрытия представляет эллиптическая форма проекции луча бортовой антенны на поверхность Земли (рисунок 8).

Если представить главный лепесток ДН антенны СВА в виде конуса излучения с углом ϕ (вершина конуса на СВА), а поверхность Земли –

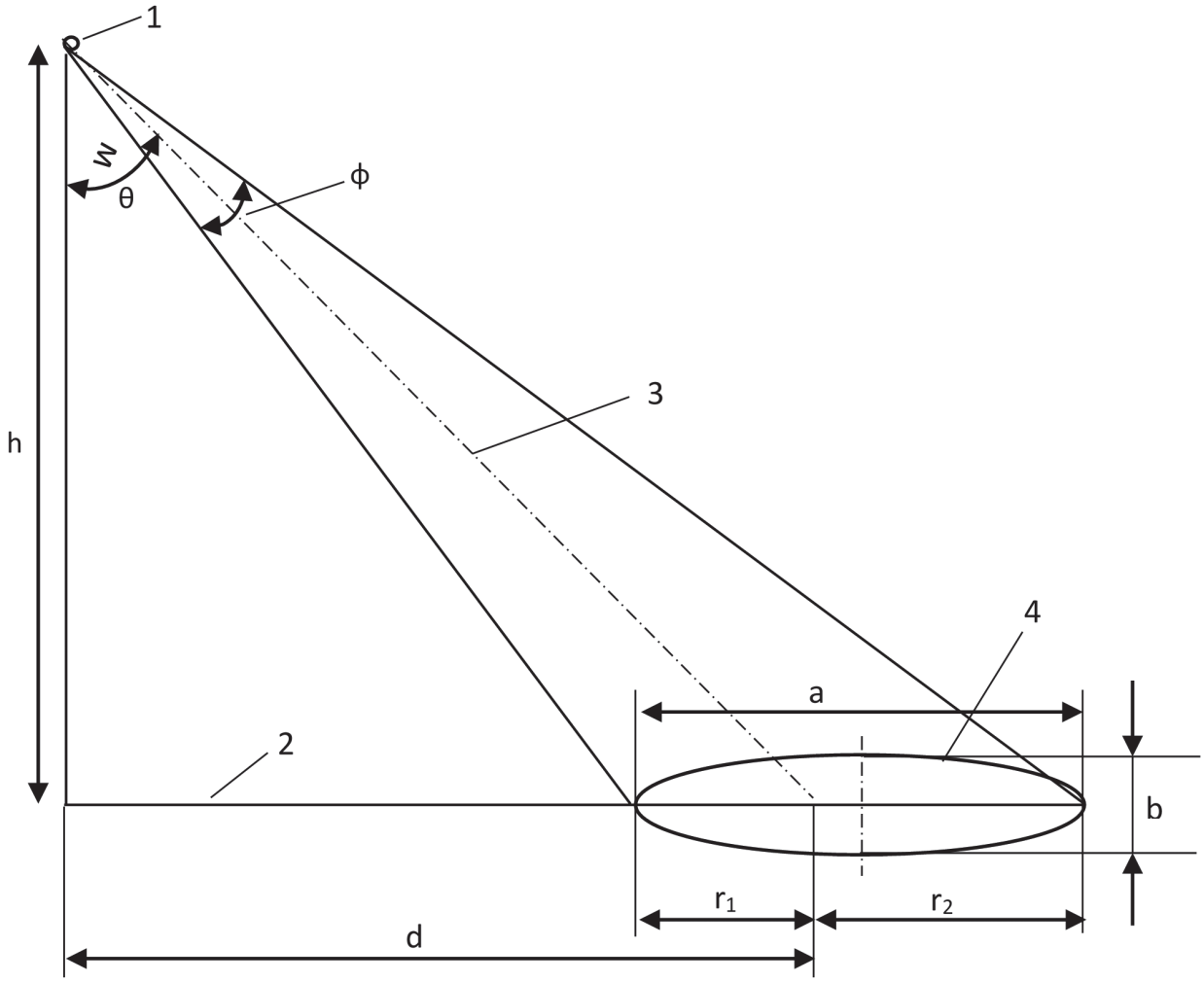

Рис. 8 – Проекция луча антенны с симметричной круговой диаграммой направленности на поверхности Земли
Цифрами на рисунке обозначены: 1 — СВА; 2 — поверхность земли; 3 – главная ось ДН луча антенны СВА; 4 – контур эллиптической зоны покрытия луча

как секущую плоскость в сечение такого конуса, то при использовании проекционных правил начертательной геометрии и аппарата тригонометрии можно получить проекцию такой ДН на плоскость в виде эллипса с главными осями, a и b, равными:

$$a = r_1 + r_2; \quad (3)$$

$$b^2 = 4tg^2(\phi/2)\cdot(h/\cos\theta + \sin\theta\,(r_2\, r_1)/2)2 - -(r2 - r1)2\cos^2\theta, \quad (4)$$

где: $r1 = h\cdot\sin(\phi/2)/\cos\theta/\cos(\theta - \phi/2)$;
$r2 = h\cdot\sin(\phi/2)/\cos\theta/\cos(\theta + \phi/2)$;
h – высота расположения СВА.

Со смещением угла θ будет происходить перемещение главной оси диаграммы направленности луча в горизонтальной плоскости и контура эллиптической зоны покрытия. Наличие на ВА нескольких антенн позволит в пределах зоны покрытия создавать так называемые ориентированные зоны связи для мобильных и фиксированных абонентов в зависимости от сложившейся обстановки и выполняемых задач.

Формирование нескольких пространственных каналов создаёт высокую спектральную эффективность таких систем, позволяет уменьшить число ошибок при радиообмене данными без снижения скорости передачи в условиях множественных переотражений сигналов [11,12]. Также при этом достигается: расширение площади покрытия радиосигналами и сглаживание в ней мертвых зон; использование нескольких путей распространения сигнала, что увеличивает вероятность работы по тем трассам, на которых меньше проблем с замираниями, переотражениями и др.; увеличение пропускной способности линий связи за счет формирования физически различных каналов (разделенных пространственно, с помощью ортогональных кодов, частот, поляризационных мод).

В зависимости от матрицы трафика в каждый момент времени одна ВА будет обслуживать все потоки сообщений, причем соотношение объемов переданной информации определяется матрицей трафика и условиями, в которых находится ВА.

При работе в сети предполагается использование конечными пунктами протокола транспортного уровня, который обеспечивает надежную связь через сеть. Доступ к сети и сквозная передача обеспечивается земной станцией (ЗС) с помощью протоколов сетевого уровня. Это позволит предоставлять необходимые услуги и осуществлять сквозное управление потоками. Протоколы маршрутизации и управление при перегрузках выполняются совместно земными станциями и СВА.

Построение телекоммуникационной инфраструктуры в АЗ РФ как совокупности беспроводных телекоммуникационных средств для предоставления информационных, навигационных и других услуг, а также беспроводных транспортных сетей, сетей абонентского доступа базируется на следующих принципах:

- сосредоточение телекоммуникационных средств в местах наибольшей плотности пользователей;
- поддержка высокой информационной пропускной способности для войск в районах, выполняющих боевые задачи;
- применение современных сетевых и информационных технологий;
- обеспечение передачи всех видов информационных сообщений (речь, текст, данные, изображение, видео и т.д.);
- максимальное применение современных цифровых средств отечественного производства;
- реализация мобильности, заключающаяся в том, что каждый пользователь имеет возможность использовать необходимое ему соединение независимо от места подключения к сети;
- прозрачность поддержки соединений для информационных потоков разных стандартов через специальные интерфейсы, обусловленные протокольным уровнем используемых телекоммуникационных систем, который не распространяется на внешние сети.

Обобщённая схема построения информационно- телекоммуникационной инфраструктуры в АЗ РФ приведена на рисунке 9.

Из приведенной схемы можно выделить следующие уровни:

- спутниковых коммуникаций с невысокой информационной плотностью, но с наибольшим покрытием территории;
- телекоммуникационных систем ВА со средней информационной плотностью;
- наземных беспроводных систем с максимальной информационной плотностью;
- доступа к наземным магистральным ВОЛС и узлам доступа, распределительных местных кабельных сетей и информационных ресурсов.

Особенностью системы связи межвидовой разнородной группировки войск в АЗ явля-

ется её значительный пространственный размах, обусловленный размещением входящих в ее состав объединений, соединений и частей. Это потребует широкого применения спутниковых широкополосных систем на основе космических аппаратов «Благовест, а также ВА для создания (построения) многосотовой сети с обеспечением межсотового мультимедийного пакетного трафика, передаваемого по организуемым радиолиниям земных станций, которые могут быть стационарными или подвижными.

В зависимости от обстановки и характера решаемых задач возможны комбинированные способы использования ретрансляторов: высокоподнятых, среднеподнятых и ретрансляторов на малых высотах.

Для оперативного звена управления наиболее характерными вариантами боевого применения аэростатных ретрансляторов является

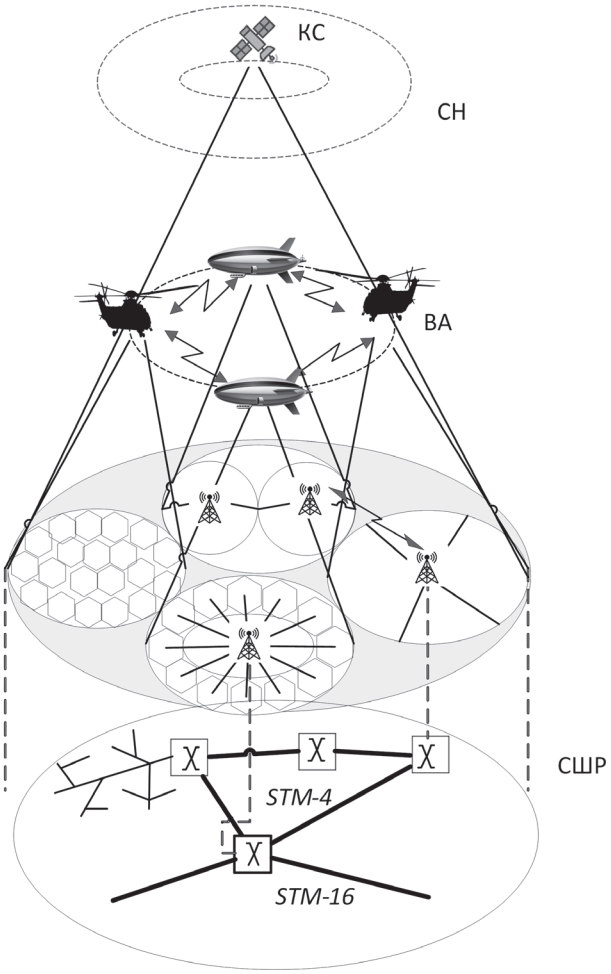

Рис. 9. Обобщённая схема построения информационно-телекоммуникационной инфраструктуры в АЗ РФ. Сокращения на рисунке означают: КС – коммуникационный спутник; СН – спутник навигации; ВА – высотная эроплатформа; СШР – сеть широкополосного радиодоступа

применение среднеподнятых аэроплатформ для решения следующих задач: усиления или наращивания линий первичной сети системы связи объединения; развертывания автономных линий связи; резервирования линий связи системы связи объединения; развертывания отдельных объектов системы связи; резервирования линий прямой связи между пунктами управления; развертывания сети широкополосного беспроводного радиодоступа. Возможны также комбинированные способы использования ретрансляторов (самолётов, вертолётов, БПЛА).

Широкое применение РС найдут для усиления или наращивания линий первичной сети системы связи объединения, особенно ее опорной сети. Такая необходимость может возникнуть на информационных направлениях с пунктами управления, доступ которых к опорной сети объединения другими способами, обеспечивающими требуемые показатели качества связи, невозможен. Резервными являются линии прямой связи между пунктами управления, которые не рассчитаны на полноценную замену нарушенных связей в случае выхода из строя какого-либо элемента опорной сети связи. То есть, РС на аэроплатформе может, в том числе, выполнять задачи по резервированию линий опорной сети связи [13].

В операциях, проводимых оперативными объединениями, могут возникать ситуации, когда на ретрансляторы связи будут возлагаться функции отдельных объектов системы связи, например, вспомогательного узла связи (ВУС), когда по объективным причинам своевременное развертывание наземного ВУС невозможно или нецелесообразно.

В тактическом звене управления применение ретрансляторов связи может стать одним из направлений решения большого круга задач, стоящих перед связью. Это обусловлено относительно быстрым временем развертывания и простотой эксплуатации маловысотного привязного аэростата, что в условиях частого перемещения узлов связи пунктов управления общевойскового соединения) является особо актуальным.

Анализ условий ведения современного боя показывает, что наибольшие сложности в обеспечении связи с элементами боевого порядка соединения возникают:

- при обеспечении связи на информационных направлениях с удаленными объектами;

- при совершении марша из мест постоянной дислокации или районов сосредоточения войск в район боевого предназначения;
- в ходе боя при выходе из строя одного или нескольких пунктов управления соединения, опорных или вспомогательных узлов связи;
- при перегруппировке войск;
- для управления элементами боевого порядка соединения (оперативного построения объединения) при высоких темпах наступления;
- при форсировании водной преграды;
- при бое за удержание береговой части территории;
- при действии войск на разобщенных направлениях;
- для управления частями (группами), действующими в труднодоступных районах (горных, болотистых, разломах льда и др.);
- при организации связи с взаимодействующими и поддерживающими органами (силами);
- для восстановления, резервирования или быстрого наращивания линий связи;
- в других условиях обстановки, когда применение табельных средств связи не решает задачи обеспечения потребностей управления с требуемым качеством с одним или несколькими элементами боевого порядка соединения.

Решение перечисленных задач требует большого набора возможных вариантов организации ретрансляции в радиосетях и радионаправлениях с задействованием ультракоротковолнового и дециметрового диапазонов волн, в радиорелейных линиях связи. Перечисленные задачи могут быть возложены на планируемые к боевому применению РС на низкоподнятых аэроплатформах. При этом унифицированные ретрансляторы должны обеспечивать:

- инвариантность к составу группировки войск, к изменению перечня выполняемых задач в соответствии с обстановкой;
- полноту охвата зоны покрытия с учетом возможных изменений структуры системы управления в динамике боя;
- способность системы связи к реконфигурации и наращиванию при усилении соединения приданными и поддерживающими силами (средствами), при организации взаимодействия войск;
- устойчивость к различным видам воздействия.

В боевой обстановке неизбежны условия, когда РС должен выполнять не только функции автоматической ретрансляции сигналов между корреспондирующими пунктами, но и обеспечивать радиодоступ средствами ретранслятора к канальному ресурсу узла связи того пункта управления, от которого обеспечивается управление подразделениями.

С учетом задач, которые могут быть возложены на РС в системе связи общевойскового соединения, возможны относительно самостоятельные варианты их боевого применения: резервирование радиолиний; развертывание самостоятельной высокоскоростной сети радиосвязи; развертывание автономных линий связи системы связи соединения (рисунок 10).

Учитывая уникальные свойства ВА (большая продолжительность выполнения задачи в интересах нескольких видов и родов войск на СН, охват большой территории, мобильность) позволяют утверждать о приоритетном их использовании в качестве зонального (регионального) ретранслятора в АЗ РФ.

Использование эшелонированных аэроплатформ в АЗ РФ может составить основу телекоммуникационной системы связи. При этом для управления межвидовой группировкой войск целесообразно предусматривать развертывание разнородных сетей связи, основанных на применении цифровых средств радиорелейной связи, средств метровых и дециметровых волн (МВ-ДМВ) радиосвязи, радиолиний сантиметровых волн (СМВ), сетей БШПД и спутниковой связи.

Применение радиорелейных средств и БШПД позволит осуществлять восстановление, резервирование и наращивание линий связи транспортной сети наземного эшелона, а также обеспечит дополнительные линии прямой связи с наиболее важными корреспондентами. Средства МВ-ДМВ радиосвязи комплекса «Азарт» могут быть применимы для реализации потребностей корреспондентов уровней управления от оперативного до тактического включительно, а ДМВ-2 диапазона – в основном как средства доступа к ресурсам первичной сети и для построения распределенных сетей связи.

Чтобы обеспечить устойчивое управление войсками, дислоцированными в АЗ необходимо иметь разветвлённую систему связи с использованием современных цифровых технологий, обладающих высокой устойчивостью, электромагнитной совместимостью и разведзащищённостью (энергетической, структурной и инфор-

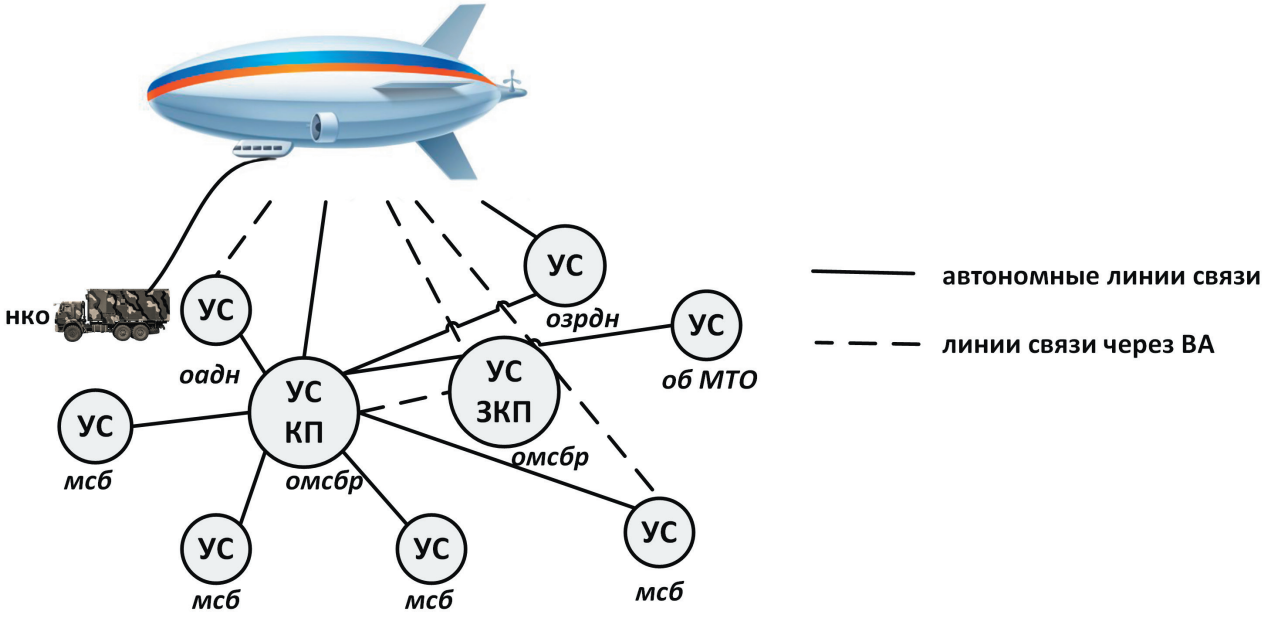

Рис. 10. Применение ретранслятора связи на аэростате в тактическом звене управления (вариант)

мационной скрытностью), а также учитывать территориальное размещение узлов связи штабов и пунктов управления войсковых группировок.

Основу таких технологий должны составлять инфотелекоммуникационная сеть, представляющая собой функционально связанную совокупность программно-технических средств обработки информации и обмена информацией и состоящая из территориально распределенных информационно-коммутационных узлов (подсистем обработки информации, коммутации и маршрутизации) и физических каналов передачи информации, соединяющих данные узлы.

Для формирования информационной инфраструктуры в АЗ РФ потребуется прежде всего создание основного системообразующего компонента – многоуровневой (эшелонированной) распределённой системы связи, охватывающей всю территорию АЗ (островную и береговую) включающей в своём составе: центральную коммутационную станцию доступа и сопряжения (ЦКСДС) несколько коммутационных станций доступа и сопряжения (КСДС) и автоматических коммутационных центров (АКЦ), соединённых между собой линиями спутниковой связи, радиорелейной и радиосвязи, беспроводного широкополосного доступа технологий Wi-Max, Wi-Fi, LTE-450 ,Mc-WiL и других (по опыту СВО). Последние обладают такими положительными свойствами, как обеспечение высокого качество передачи речи, малая задержка при передаче IP-пакетов, приоритетности доступа, устойчивость соединения, низкая мощность излучения, доступная абонентская скорость обмена до 30 Мбит/с. Средства БШПД имеют возможность дистанционное управление, что весьма важно для северных районов при низких температурах.

На рисунке 11 приведен фрагмент структуры инфотелекоммуникационной сети в составе средств спутниковой связи на различных орбитах КА, аэростатов с зонами покрытия территорий, центрами коммутации и линиями их соединяющих. При такой структуре сети обеспечивается высокая связность при больших расстояниях и возможность как централизованного, так и децентрализованного управления. Для создания сплошной зоны покрытия (доступа) над островами размещаются ВА, с помощью которых обеспечивается информационный обмен всех соединений, частей, подразделений и расчётов в зоне, а также между соседними зонами через КСДС по линиям (каналам) спутниковой связи.

Размещаемые модули связи различных диапазонов частот в составе эшелонированных аэроплатформ на аэростатах и дирижаблях, а также наземные модули воздушной связи позволят реализовать передачу информационных сообщений с достаточно высокими скоростями, обеспечивающими эффективное использование возможностей беспроводных широкополосных систем всех высших уровней рассмотренной инфраструктуры.

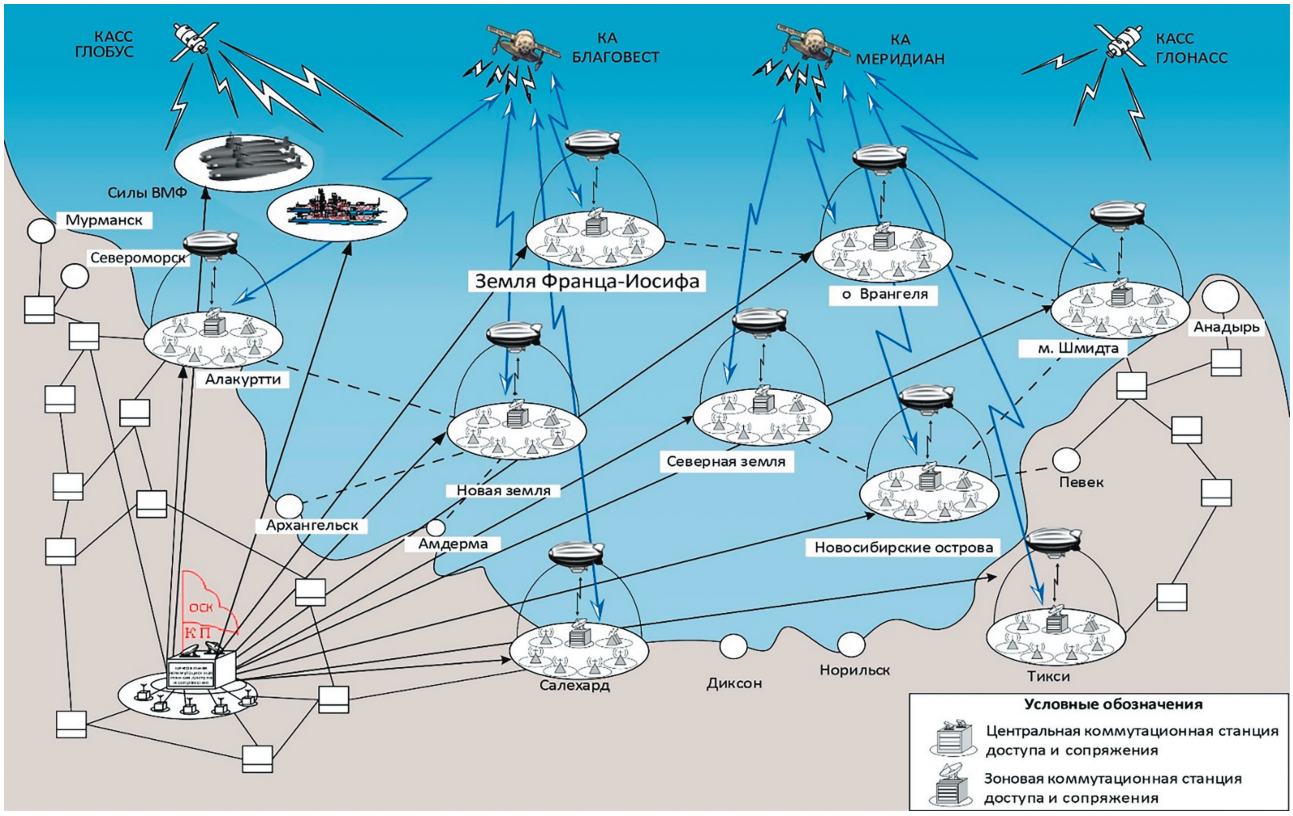

Рис.11. Структура инфотелекоммуникационной сети островной и прибрежной зонах

Развёртывание в Арктической зоне Российской Федерации телекоммуникационной ссти на основе высокоподнятых аэроплатформ позволит создать техническую основу системы управления группировкой войск (сил), обладающую высокими показателями таких существенных свойств системы связи как структурная живучесть, доступность, мобильность. Это создаст условия гарантированного обеспечения связи органам и объектам управления, находящимся на значительных расстояниях друг от друга, при безусловном выполнении требований по пропускной способности и информационной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евсюк А.В. Информационное противоборство за инфраструктуру и расчёт Арктики // Военный академический журнал. 2023. № 4. С.100–119.

2. Криволапов О.О. Военная политика администрации Д. Трампа в Арктике / США, Канада- экономика-политика-культура. 2019. № 4. С.31–44.

3. Чуркин И.П. Развитие системы боевого управления аовиацией в Арктической зоне ответственности за противоздушную оборону / Военная мысль. 2023. № 4. С.624–70

4. Н. Михашенок. Военно-морские силы НАТО в Арктике // Зарубежное военное обозрение. 2023 № 2. С.69–72.

5. Иванов Г.В., Костюков А.Д., Ташлыков С.Л. Военно-исторические аспекты освоения российского арктического пространства // Военно-исторический журнал.2020. № 8. С.4-12.

6. Гаврилов О.Ю. Состояние и перспективы развития региональной безопасности в Арктике // Военная мысль. 2019. № 8. С.34–49.

7. А.Д. Володин, Канада и проблемы суверенитета в Арктике в начале XX века.// Канада- экономика-политика-культура. 2019. № 6. С. 81–100.

8. А..Е Субботин, М.В. Марков. Особенности организации и проведения мероприятий по боевой подготовке в условиях Крайнего Севера.//Армейский сборник №4 2019 г., С. 87-98.

9. К. Е. Иванов, И.Т. Осташов, Е.Н, Косяков. Радиорелейные и спутниковые системы передачи информации специального назначения./Учебник,-Спб.,2013 г.. С.67 -85.

10. М. Е. Ильченко, С. А. Кравчук. Телекоммуникационные системы на основе высотных аэростатных платформ. – Киев.: НПП «Наукова думка» НАН Украины, 2008 г. С.24-26, 43-45, 78-101.

11. М.С. Лохвицкий, А.С. Сорокин, О.А. Шорин. Мобильная связь: стандарты, структуры ,алгоритмы, планирование.// М. Горячая линия. Телеком. 2019.-294 с.

12. С.Л. Гавлиевский, В.Г. Картащевский. Эволюция архитектуры мультисервисных сетей широкополосного доступа. // Вестник связи №4. 2019.г. С.17-20.

13. Н.А. Пылаев. Методика оценки вероятностно-временных характеристик передачи сообщений по составным радиоканалам через ретрансляторы связи на бесплодных летательных аппаратах.//Информация и космос,. № 4, 2021 г., С.18-21.

BUILDING AN INFOTELECOMMUNICATION NETWORK BASED ON AIR PLATFORMS IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Karpov M. A.[1] , Lukyanchik V. N. [2], Vasilyeva T.G.[3]

Keywords: *satellite communication, communication network, communication object, message flow, balloon, airship, stability, channel capacity, control.*

Objective. *To develop scientific and technical proposals for building an information and telecommunication network in the Arctic zone based on air platforms using modern and promising technologies for the management of a different group of troops stationed in the sea zone and the land part of the newly created Leningrad Military District.*

Research method. *Analytical with partial involvement of mathematical apparatus to determine the line of sight for VHF means of the frequency range and the coverage zone of the territory (combat area) of the raised communication repeater located on the aeroplatform.*

The result *of research in the field of building an information and telecommunication network based on air platforms for various purposes during their deployment (lifting) in the area of operation of troops at the points of permanent deployment and when performing combat missions for their intended purpose.*

According to the results of the research, the following was revealed:

- *the troops stationed on the islands of the Arctic Ocean of the Arctic zone of the Russian Federation were subordinated to the Leningrad Military District;*
- *the information field available (created) in the AZ of the Russian Federation does not have the necessary depth of construction, is focal in nature and does not ensure the performance of military command and control tasks in the required volume;*
- *the existing communication system in the RF AZ in terms of its structure, channel capacity and stability does not meet the needs of the control system of the deployed group of troops (forces);*
- *the considerable distances of the command posts of military units from the headquarters of the military district, as well as between the islands, determine the need to deploy communication lines by wireless means of communication, including wireless access facilities located on air platforms (balloons, airships, UAVs).*

The article theoretically substantiates the construction of an infotelecommunication network based on high-altitude aerial platforms with the ability to transmit significant information flows within the service area, as well as broadband wireless access (BWA) for mobile subscribers based on technologies from the experience of their application in the NWO.

The article provides practical recommendations on the lifting height of aerial platforms to create a coverage area of the required area (size) depending on the need to ensure communication of military formations located in a certain territory.

The telecommunications infrastructure being formed in the RF AZ is being created as a set of wireless telecommunication facilities for the provision of information, navigation and other services based on wireless transport networks and subscriber access networks. Such technologies as Wi-Mix, Wi-Fi, LTE-450, Mc-WiL, from the experience of deploying broadband access networks in the NWO can be used.

[1] Mikhail A. Karpov, Ph.D. (Tech.), Head of the Department of the Research Center of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg. E-mail: Karpuh.djan@mail.ru

[2] Valentin N. Lukyanchik, Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Senior Researcher at the Research Center of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg. E-mail: v-lukyanchik@bk.ru

[3] Tatyana G. Vasilyeva, Researcher of the Research Center of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg. E-mail:

The scientific novelty *is determined by the depth of substantiation and consideration of the features of creating a telecommunication system based on high-altitude air platforms consisting of balloons (airships) and telecommunication equipment to provide users with the ability to transmit significant information flows within the service area, as well as broadband wireless access in the Arctic zone with a poorly developed infrastructure in relation to communications Leningrad Military District.*

REFERENCES

1. Evsjuk A.V. Informacionnoe protivoborstvo za infrastrukturu i raschjot Arktiki // Voennyj akademicheskij zhurnal. 2023. № 4. S.100–119.
2. Krivolapov O.O. Voennaja politika administracii D. Trampa v Arktike / SShA, Kanada- jekonomika-politika-kul'tura. 2019. № 4. S.31–44.
3. Churkin I.P. Razvitie sistemy boevogo upravlenija aoviaciej v Arkticheskoj zone otvetstvennosti za protivozdushnuju oboronu / Voennaja mysl'. 2023. № 4. S.624–70
4. N. Mihashenok. Voenno-morskie sily NATO v Arktike // Zarubezhnoe voennoe obozrenie. 2023 № 2. S.69–72.
5. Ivanov G.V., Kostjukov A.D., Tashlykov S.L. Voenno-istoricheskie aspekty osvoenija rossijskogo arkticheskogo prostranstva // Voenno-istoricheskij zhurnal.2020. № 8. S.4-12.
6. Gavrilov O.Ju. Sostojanie i perspektivy razvitija regional'noj bezopasnosti v Arktike // Voennaja mysl'. 2019. № 8. S.34–49.
7. A.D. Volodin, Kanada i problemy suvereniteta v Arktike v nachale HH veka.// Kanada- jekonomika-politika-kul'tura. 2019. № 6. S. 81–100.
8. A..E Subbotin, M.V. Markov. Osobennosti organizacii i provedenija meroprijatij po boevoj podgotovke v uslovijah Krajnego Severa.//Armejskij sbornik №4 2019 g., S. 87-98.
9. K. E. Ivanov, I.T. Ostashov, E.N, Kosjakov. Radiorelejnye i sputnikovye sistemy peredachi informacii special'nogo naznachenija./Uchebnik,-Spb.,2013 g.. S.67 -85.
10. M. E. Il'chenko, S. A. Kravchuk. Telekom-munikacionnye sistemy na osnove vysotnyh ajerostatnyh platform. – Kiev.: NPP «Naukova dumka» NAN Ukrainy, 2008 g. S.24-26, 43-45, 78-101.
11. M.S. Lohvickij, A.S. Sorokin, O.A. Shorin. Mobil'naja svjaz': standarty, struktury ,algoritmy, planirovanie.// M. Gorjachaja linija. Telekom. 2019.-294 c.
12. S.L. Gavlievskij, V.G. Kartashhevskij. Jevoljucija arhitektury mul'tiservisnyh setej shirokopolosnogo dostupa. // Vestnik svjazi №4. 2019.g. S.17-20.
13. N.A. Pylaev. Metodika ocenki verojatnostno-vremennyh harakteristik peredachi soobshhenij po sostavnym radiokanalam cherez retransljatory svjazi na besplodnyh letatel'nyh apparatah.//Informacija i kosmos,. № 4, 2021 g., S.18-21.