

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сорокин К. Н.¹, Лукьянчик В. Н.², Кудрявцев А. О.³

DOI:10.21681/3034-4050-2025-6-88-100

Ключевые слова: канал связи, военные действия, роботы, сети, оборудование, средства.

Аннотация

Цель исследования: разработать цели, задачи, требования к робототехническим комплексам связи и обосновать предложения, способствующие их эффективному применению в системах связи специального назначения при массированном применении противником средств поражения на основе опыта СВО.

Метод исследования: аналитический с привлечением математического аппарата для определения дальности прямой радиовидимости между робототехническим комплексом связи и наземной станцией управления в зависимости от высоты размещения антенн и повышения энергетического потенциала радиолинии.

Результат: сформулирован цели и задачи робототехнических комплексов связи (РТКс) наземных и воздушных, проведена их классификация по признакам технического исполнения и по назначению, определён перечень общих оперативно-технических требований к РТКс на основании факторов, оказывающих влияние на их применения, обозначены направления применения РТКс в системе связи, комплекс наземных и воздушных средств (платформ) для выполнения задач по связи в соответствии с определёнными требованиями по наращиванию (доразвёртыванию) линий связи, расширению зон доступа, восстановлению участков линий связи, развёртыванию мачт связи, видеонаблюдения и другие задачи. Цели и задачи определили классификацию РТКс и явились основополагающими при обосновании состава платформ, выборе средств доставки (применения) и транспортной базы, средств управления РТКс и других устройств, обеспечивающих эффективное боевое применение комплексов. В статье приведены РТКс практически реализованных конструкций, применяемых в войсках в рамках СВО. Рассмотрены формы боевого применения РТКс и способы их применения в соответствии с тактикой действия войск и применения войск связи: также изучены вопросы, связанные с управлением воздушными и наземными РТКс, так как при этом проявляются различные факторы приводящие к затуханию как сигнала управления, так сигналов ретрансляции за счёт рефракции и дифракции радиоволн. Приведены математические выражения, характеризующие энергетическое состояние радиолинии.

Научная новизна определяется глубиной обоснования и рассмотрения особенностей применения различных РТКс в современных операциях, разработанными целями, задачами, требованиями к воздушным и наземным комплексам, формами и способами их применения, составом оборудования в зависимости от типа платформ.

Введение

В современных операциях роботизированные комплексы различного назначения играют ключевую роль наряду с традиционными вооружениями. Они являются неотъемлемой частью процесса модернизации и создания нового поколения вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Эти комплексы призваны отвечать требованиям информационной эпохи в отечественном

военном строительстве и служат важнейшим инструментом для совершенствования тактических войсковых формирований, форм и способов решения боевых задач. Эффективное выполнение этих задач достигается при комплексном применении различных средств поражения [1].

Приоритетными направлениями развития Вооруженных Сил Российской Федерации являются:

1 Сорокин Константин Николаевич, кандидат технических наук, заместитель начальника научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, Санкт-Петербург. E-mail: evil-kvark@yandex.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 Кудрявцев Алексей Олегович, аспирант научно-исследовательского центра Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного, Санкт-Петербург. E-mail: snow-tops@yandex.ru

- разработка и создание современных высокоеффективных систем вооружения;
- создание перспективных комплексов вооружения, использующих новейшие (прорывные) технологии;
- разработка робототехнических комплексов военного назначения (РТК ВН) различных базирований (наземных, воздушных и водных беспилотных аппаратов);
- формирование перспективной телекоммуникационной инфраструктуры;
- укрепление стратегических сил сдерживания и средств противодействия оружию массового поражения.

Роботизация боевых действий сегодня становится одним из доминирующих направлений в совершенствовании систем вооружения ведущих государств.

Президентом и Правительством Российской Федерации поставлена задача оборонно-промышленному комплексу на разработку и выпуск современных и перспективных образцов ВВСТ с тем, чтобы войска обладали возможностью вести высокотехнологичные боевые действия. Без таких действий нельзя обеспечить победу над хорошо вооруженным противником, имеющим высокоорганизованную систему разведки, обнаружения, наведения, подавления и современные ударные комплексы.

Основополагающие взгляды Минобороны Российской Федерации на создание и применение РТК ВН в Вооруженных Силах Российской Федерации отражены в Концепции применения робототехнических комплексов военного назначения на период до 2030 года, утвержденной начальником Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации - первым заместителем Министра обороны Российской Федерации 22 августа 2014 г.

Применение робототехнических комплексов военного назначения в современных операциях и боевых действиях

В Российской Федерации интенсивно ведутся работы в области развития и создания РТК наземного, воздушного и водного базирования. Активно проводятся исследования, развиваются новые технологии в военной робототехнике в части увеличения надежности систем управления, помехозащищенности каналов связи, повышения автономности и дальности действия, безопасности применения.

РТК – автономное мобильное техническое устройство, оснащенное средствами управления, комплексом навесного оборудования, предназначенного для выполнения специальных задач в автоматическом или автоматизированном режиме в различных средах [2].

В вооруженных конфликтах РТК могут выполнять следующие задачи:

- проведение разведывательно-боевых мероприятий;
- огневую поддержку войск;
- поиск и обнаружение мин и создание проходов в минных полях;
- доставка боеприпасов и расходуемых средств;
- эвакуацию с поля боя или места аварии пострадавшего личного состава, поврежденной техники под огнем противника;
- поиск и уничтожение наиболее важных объектов противника (опорных пунктов, системы снабжения энергией, топливом, транспортные сети);
- нанесение групповых ударов по боевой технике и живой силе противника;
- ведение разведки всеми имеющимися техническими средствами;
- обеспечение связи с удаленными подразделениями (группами) на основе многопролётной ретрансляции через БПЛА или наземные РТК;
- определение зон и уровня заражения оружием массового поражения, дезактивация, дегазация и дезинфекция зон заражения; охрана и оборона объектов в районах боевых действий.

РТК могут эффективно использоваться в качестве элементов подсистем в составе информационно-управляющей системы при ведении сетецентрической войны. Поэтому уже при разработке роботизированных образцов ВВСТ необходимо прорабатывать вопросы их интеграции в единый контур управления войсками на различных уровнях (тактический, оперативный, стратегический).

Важность рассматриваемого вопроса стало наиболее актуальным и приобрело острое значение при проведении СВО, где наиболее активно проявились роль, значение и место РТК при ведении военных действий. Особенность их применения на четвертом и пятом этапах проведения военной операции, когда началось массированное применение ВСУ БЭК в морской зоне, БПЛА различных типов,

классов и целевого назначения по войскам РФ, что потребовало принятия мер по защите ВВСТ и личного состава от поражения.

Важная роль и значение придаётся РТК в СВО для обеспечения действий Сухопутных войск при ведении контрбатарейной борьбы, действии передовых и штурмовых отрядов (групп) в отрыве от основных сил, ведение артиллерийской разведки и обслуживание стрельбы наземной артиллерией, обеспечение огневой поддержки наступающих частей и подразделений и подавление огневых средств противника.

Современные РТК представляют собой, как правило, мобильные электромеханические и гидравлические платформы с телеуправлением, имеющие программно-аппаратные средства, позволяющие автоматизировать выполнение некоторых задач без участия оператора. Что касается наземных роботов, то они в большинстве своем могут автоматически отслеживать рельеф местности, огибать препятствия, ориентироваться на местности за счет средств технического зрения и спутниковой навигации, прокладывать маршрут между двумя пунктами, обнаруживать цели по заданным параметрам. В этом случае оператор лишь контролирует действия машины, а вот управление оснасткой – будь то гранатомёт или пулемет – остаётся за ним.

Основное предназначение РТК ВН – это замена человека в боевых ситуациях в целях сохранения человеческой жизни, либо для работы в условиях, несовместимых с возможностями человека. Из опыта проведения СВО можно заключить о разнообразии применения РТК: воздушные – БПЛА (дроны) различного предназначения и типа (разведывательные,

ударные, многофункциональные и др.), наземные – боевые, транспортные (подвоза боеприпасов, продуктов и др). На рисунке 1 приведена общая классификация применяемых РТК по основным признакам, которые являются наиболее характерными средствами, способствующими эффективности боевого применения вооружения.

Из классификационных признаков РТК следует, что в зависимости от решаемых задач, они должны выполнять различные функции, то есть соответствовать своему предназначению.

Широкое (массовое) применение роботов и технологий робототехники меняет способы и формы ведения боя, операции, тактику действия войск и технический облик перспективных систем ВВСТ, повышает эффективность их применения.

Создание РТК ВН требует существенной проработки наиболее важных технологий, необходимых для создания всей номенклатуры перспективных робототехнических средств. При этом типовой образец робота военного назначения может быть представлен в виде совокупности функционально связанных элементов [3]:

- базовый носитель – это могут быть шасси или корпус любой конфигурации, предназначенные для применения в различных средах;
- специализированное навесное (встраиваемое) оборудование в виде набора съемных модулей полезной (целевой) нагрузки;
- средства обеспечения и обслуживания, используемые при подготовке к применению и технической эксплуатации робота.

Состав специализированного оборудования устанавливается, исходя из функционального предназначения робота, и может включать:

- средства разведки;
- средства вооружения;
- навигационные устройства;
- специальное технологическое оборудование;
- средства телекоммуникации;
- специализированные вычислители с программно-алгоритмическим обеспечением;
- средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

Для обеспечения управления и обслуживания в состав комплекса дополнительно включаются:



Рис. 1. Классификация РТК ВН

- диспетчерский (наземный) пункт управления, контроля и обработки информации;
- средства доставки, транспортировки и запуска;
- средства снаряжения, заправки и зарядки.

Такое представление типового робота позволяет выделить технологии критичные для разработки перечисленных элементов. Критические технологии робототехники можно декомпозировать на «основные», т.е. разрабатываемые непосредственно для робототехнических комплексов, и вспомогательные – разрабатываемые для широкой номенклатуры образцов вооружения и имеющие перспективу применения при создании роботов военного назначения.

При определении потребности в РТК целесообразно ориентироваться на два основных преимущества, которые дает их внедрение: первое – уменьшение обслуживающего персонала (рабочих и служащих) занятых на производстве в обслуживании техники, выполнении высокорисковых задач и др., второе – повышение эффективности решения известных задач и появление возможности выполнения новых задач, недоступных для решения человеком в силу физиологических и интеллектуальных ограничений, а также это может быть связано со значительными потерями военнослужащих при выполнении ими задач.

В соответствии с Комплексной целевой программой «Создания перспективной военной робототехники до 2025 года» научно-исследовательскими испытательными центрами МО, предприятиями промышленности ведутся работы по созданию и оснащению ВС РФ РТК военного и двойного назначения.

Следует отметить, что в Российской Федерации в начале XXI столетия велись разработки в области создания РТК снабжения. Это были наземные РТК различных типов, связанных с выполнением инженерных работ (минирование, разминирование местности) и воздушные БПЛА (самолетного, вертолетного типа) для ведения разведки и ретрансляции сигналов).

Опыт первого этапа операции СВО показал превосходство противника в точности нанесения ударов с применением дронов по пунктам управления, узлам связи, движущимся колонам транспорта, бронеобъектам. Вооруженные Силы Российской Федерации начали

массово оснащаться дронами разведывательными, ударными, многофункциональными как по линии Гособоронзаказа, так и поставками с частных предприятий, волонтёрами.

Наземные робототехнические комплексы в вооруженных конфликтах

Наземные РТК в виде робототехнических платформ на гусеничном и колесном шасси находят широкое применение при действии их в составе Сухопутных войск Вооружённых Сил Российской Федерации при выполнении различных задач. Из опыта СВО следует, что на шасси РТК устанавливается стрелковое оружие (пулеметы, огнеметы) и другие виды вооружения при дистанционном управлении. Набор функций таких роботов довольно велик: разведка сил и средств противника, обнаружение снайперов, уничтожение техники и живой силы с помощью бортового оружия, целеуказание, нейтрализация взрывных устройств, разминирование местности, создание проходов для войск, радиоэлектронная борьба, химическая, биологическая и радиационная разведка, доставка грузов, в том числе боеприпасов, и многое другое.

Наземные РТК по своей структуре представляют многофункциональную роботизированную техническую систему, включающую управляющую и исполнительную подсистемы, которые реализованы на средствах связи и автоматизации. Функционально РТК можно рассматривать как систему, состоящую из средств управления, связи, навигации, видеонаблюдения, фотосъёмки (тепловизоры), обеспечения и другое оборудование, которое позволяет их применение в сложных погодных условиях (дождь, снег, туман), днём и ночью, со сложным рельефом местности.

В настоящее время в составе группировок войск (сил) в условиях СВО Сухопутными войсками активно применяются наземные РТК на колёсном шасси и гусеничные платформы: боевые РТК, РЭБ, разведки, информационного противоборства, обеспечения, инженерные. Дистанционное управление осуществляется как с помощью радиосредств, так и по проводным линиям связи (кабель П-274М, ВОЛС). Для действия пехоты, штурмовых отрядов (групп) с помощью инженерных РТК проводится разграждение (снятия, подрыва мин) минных полей, а по заранее разведенным огневым точкам противника с наземных боевых РТК ведётся огонь для их подавления

и одновременно для снайперов появляется возможность вскрыть и подавить огневые точки. В рамках проведения СВО эффективно применяются РТК «Курьер», «Утёс», «Уран-4», «Уран-6», «Скорпион-М», «Станкер», установленные на колесные шасси и гусеничные, которые выполняют функции разминирования, ударных с пулемётной установкой, доставки боеприпасов штурмовым группам, действующим в отрыве от основных сил.

Применение наземных РТК позволило изменить тактику действия наших войск. Выдвижение РТК в 1-ом эшелоне вынуждает противника открывать огонь, в результате чего средствами наблюдения и разведки обнаруживаются огневые точки, по которым наносится ракетно-артиллерийский удар, а затем обеспечиваются действия войск.

Особое внимание уделяется разработке комплектов оборудования для установки на перспективные унифицированные боевые платформы с целью их применения в режиме дистанционного управления по радиосвязи, на открытой местности до 1 км по ВОЛС, а также с применением систем GPS/ГЛОНАСС.

Особенности применения воздушных робототехнических комплексов при ведении военных действий

Кроме наземных РТК широкое применение находят воздушные (БПЛА), которые являются многофункциональным перспективным видом вооружения и военной техники, обеспечивают повышение эффективности применения систем вооружения. Они, в первую очередь, дополняют применяемые виды оружия в боевых действиях и применяются, как разведывательные, ударные и многофункциональные [4].

Для БПЛА на непрерывность управления, в отличие от наземных объектов, сказываются такие факторы, как маневрирование летательного аппарата в воздухе (по курсу и по высоте) от момента взлёта и в процессе совершения полёта, так и устойчивость состояния канала управления, то есть способности самого радиосредства – радиостанции. Это связано как с распространением радиоволн в ультракоротковолновом (УКВ) диапазоне частот, так и тактико-технических характеристик радиосредств, установленных на борту летательного аппарата и на наземной станции управления (НСУ) [5].

Если полёт БПЛА определяет объективную необходимость выполнения боевой задачи:

разведка, ретрансляция сигналов, постановка помех, нанесение ударов (в качестве ударных «камикадзе»), то связь должна обеспечить не только управление летательным аппаратом, то есть передачу команд (сигналов) на борт при дистанционном управлении, но и обеспечить доведение видовой и телеметрической информации на НСУ.

В Вооруженных Силах Российской Федерации БПЛА предполагается использовать для решения разнохарактерных задач в условиях, когда применение пилотируемой авиации невозможно или нецелесообразно (противодействие средств ПВО противника, радиационное, химическое или бактериологическое заражение воздуха и местности в районе боевых действий, сложные метеоусловия, в населённых пунктах с высотной застройкой, осуществление длительного наблюдения за противником и другие.). При этом современные БПЛА могут выполнять [6]:

- разведывательные задачи: ведение воздушной разведки; корректировка огня артиллерии; целеказание высокоточному оружию (подсветка целей); оценка результатов нанесения ударов; длительное воздушное патрулирование заданных районов; определение местоположения и масштабов загрязнения (радиационного, химического, бактериологического и др.) территории (акваторий);
- ударные и истребительные задачи: поражение целей наземного, надводного и воздушного базирования;
- специальные задачи: радиоэлектронное противодействие огневым и обеспечивающим средствам противника, ретрансляция информации и команд боевого управления.

С учётом выполняемых задач БПЛА должны соответствовать следующим требованиям:

- способность к относительно самостоятельному выполнению задач в случае потери управления с НСУ;
- возможность применения днем и ночью в условиях огневого, радиоэлектронного и информационного противодействия;
- сохранять работоспособность в условиях внешних воздействующих факторов;
- многофункциональность выполнения задач;
- обеспечение группового информационного обмена между соседними БПЛА при выполнении задач в едином районе управления в составе смешанной группы;

- способность поддерживать двустороннюю скрытную связь в режиме реального времени, в условиях прямой радиовидимости и с использованием любых ретрансляторов и средств управления;
- применение единых технических средств, программно-алгоритмического обеспечения и протоколов обмена данными;
- высокая живучесть и эксплуатационная надежность, стойкость к воздействию внешних факторов и ремонтопригодность;
- обеспечение устойчивости к условиям информационной или кибервойны (по защите от несанкционированного программного воздействия со стороны противника), а также электромагнитной совместимости с другими излучающими объектами, в том числе со средствами РЭБ;
- обеспечение структурной и функциональной связности с элементами боевого управления, способность получать от них информацию и передавать им данные от собственных подсистем (то есть соблюдаться сетецентрический принцип взаимодействия);
- обеспечение дистанционного, автоматизированного и автоматического (программного) управления БПЛА.

Общность требований к БПЛА различных классов предполагает прежде всего обеспечение их взаимодействие в условиях совместной работы при выполнении различного рода задач, а также удобство в управлении с одного наземного комплекса управления, разворачиваемого в зоне ведения боевых действий.

На основе опыта СВО БПЛА применяются для ведения разведки, корректировки огня артиллерии, по обеспечению боевых действий ракетно-артиллерийских дивизионов, батарей, расчётов, авиационных комплексов, радиоэлектронного подавления средств связи и каналов управления ЗРК, и других. Для этого применяются БПЛА различных типов и классов способных выполнять определённый комплекс задач в системе управления войсками, начиная от мини БПЛА (дроны-квадрокоптеры) до тактических малой и средней дальности. В классе малой и средней дальности зарекомендовали себя летательные аппараты: «Орлан-10», «Герань», «Ланцет», «Молния» и другие дроны двойного назначения.

С помощью воздушной разведки можно более точно определить координаты наземных

целей и вскрыть тщательно замаскированную технику (средства), укрытия, блиндажи, траншеи и другое имущество. Это будет способствовать более точному вероятностному поражению объектов, живой силы и техники.

Для ведения воздушной разведки могут привлекаться летательные аппараты самолётного типа и дроны, оборудованные специальными средствами ведения разведки (фото-, видеокамеры, тепловизоры и др.). Это позволяет вскрывать объекты противника и передавать данные как на пункты управления частей (подразделений), так и непосредственно на средства поражения (артиллерийские и ракетные установки), находящиеся на огневых позициях.

Разведывательные БПЛА имеют, как правило, относительно небольшую скорость полёта (120 – 150 км/час). На борту может устанавливаться комплекс разведывательного оборудования, включающий оптическую, инфракрасную и другие подсистемы, которые благодаря вычислительному комплексу могут работать одновременно, а также обеспечивать фотосъёмку. Такое сочетание средств позволяет вести разведку земной поверхности в любое время суток с передачей данных на НСУ. Для разведывательных БПЛА важное значение придаётся таким свойствам, как разрешающая способность оптической и инфракрасной аппаратуры, продолжительность полёта, высота и глубина ведения разведки, бесшумность полёта, коэффициент эффективно-отражающей поверхности и другие [7].

Робототехнические комплексы связи в системах связи и передачи данных

На эффективность выполнения задач войсками важное значение отводится системе управления и связи, которые взаимозависимы в процессе управления войсками, силами и оружием. С тем, чтобы обеспечить эффективность применения РТК при выполнении определённых задач необходимо устойчивое управление.

Учитывая опыт СВО, её пространственный размах по фронту и в глубину, физико-географические условия местности, воздействие противника и другие факторы, можно утверждать, что управление войсками и поддержание связи с заданными требованиями могут быть обеспечены при принятии мер организационного и технического характера. Одним из таких мероприятий является применение

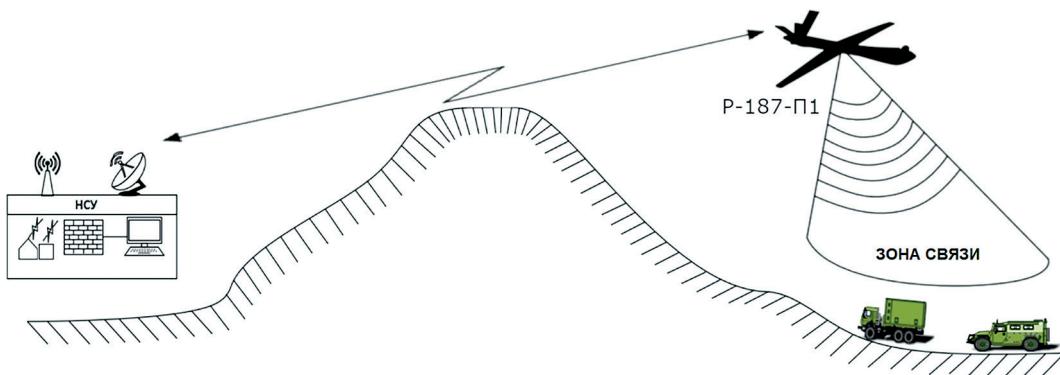


Рис. 2. Ретрансляция сигнала с помощью БПЛА

РТКс. В качестве таких РТК могут найти применение наземные, воздушные и морские (надводные, подводные) комплексы (платформы), обеспечивающие непрерывность связи и её устойчивость на информационных направлениях. На рисунке 2 приведена ретрансляция сигнала с подвижными объектами, находящимися вне зоны действия связи, через воздушный ретранслятор, на борту которого устанавливаются средства управления и связи – радиостанции Р-187-П1.

РТК связи, применяемые для ретрансляции сигналов, могут использоваться с такими функциями, как:

- обеспечение связи с войсками (силами) в удаленных и недообеспеченных в отношении связи районах;
- организация линий связи между узлов связь пунктов управления (УС ПУ) в труднодоступной местности (горы, пустыни, болота, зараженная местность);
- обеспечение связи с высокоподвижными соединениями, частями и подразделениями, действующими в отрыве от основной группировки войск;
- необходимость резервирования линий связи или восстановления разрушенных участков линий прямой связи между УС ПУ, а также соединительных линий между опорными узлами связи;
- с передовыми отрядом в полосе обеспечения, когда удаление соответствует предельно возможной дальности связи;
- обеспечение связи с батальонными тактическими группами.

Применение ретрансляции сигналов на БПЛА не ограничивается перечисленными выше задачами обеспечения связи на информационных направлениях с удаленными объектами, но эта потребность может возникнуть при других внезапно возникающих задачах по связи.

Классификационные признаки РТКс



Рис. 3. Классификация РТКс

РТКс с учетом их предназначения и выполняемых задач по связи целесообразно их классифицировать по следующим основным признакам (рис. 3).

В приведенной классификации отражены направления и задачи, выполняемые РТКс совместно с войсками связи в бою и операциях.

Основными требованиями к РТКс являются:

- обеспечение связи с заданными требованиями на развертываемых линиях;
- сохранение работоспособности в условиях воздействия всевозможных внешних факторов;
- способность к относительно самостоятельному выполнению задач в условиях неопределенности внешней обстановки;
- обеспечение информационного обмена между абонентами при выполнении задач в едином районе управления;
- возможность дистанционного, автоматического и автоматизированного управления с НСУ;
- многофункциональность и модульность – возможность укомплектования единими функциональными элементами в соответствии с конструктивами выполняемых задач;
- способность поддерживать двустороннюю скрытную связь в режиме реального времени, в условиях прямой радиовидимости и с использованием любых ретрансляторов;

- применение единых технических средств, программно-алгоритмического обеспечения и протоколов обмена данными;
- высокая живучесть и эксплуатационная надежность, стойкость к воздействию внешних факторов и ремонтопригодность.

Условно требования, предъявляемые к РТКс можно разбить на три группы: боевые, эксплуатационные и целевые (повышающие качество управления и связи). В зависимости от типа РТК и условий его боевого применения (назначения) предъявляемые требования по одним и тем же свойствам могут различаться как к наземным, так и воздушным (рис. 4).

РТКс, применяемые для ретрансляции сигналов, представляют собой комплекс технических средств, устанавливаемый на борту летательного аппарата и на наземной платформе на колесном или гусеничном шасси. Состав средств может включать:

- радиостанцию (Р-187 П1, работающую в диапазоне 220 МГц – 2500 МГц);
- контроллер;
- модуль GPS/QLONAS;
- антенну (ЦАР);
- аккумуляторную батарею (АКБ);
- модуль видеонаблюдения.

Воздействующие факторы, определяющие состояние канала, можно условно разделить на внутренние и внешние. Внутренние факторы определяются выбранными средствами



Рис. 4. Факторы, влияющие на обоснование требований к РТКс

связи, устанавливаемыми на НСУ и на летательном аппарате, что весьма важно как для поддержания устойчивой связи по информационному каналу, так и управления РТК.

Основу средств связи РТКс составляет радиостанция и антенно-фидерное устройство. Важными характеристиками радиостанции являются: излучаемая мощность сигнала, диапазон частот, вид модуляции, скорость передачи, уровень (степень) помехозащищенности. Антенно-фидерное устройство характеризуются: диаграммой направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях, коэффициентом усиления, поляризацией, рабочим диапазоном.

К внешним факторам относятся: условия распространения радиоволн, дифракция, природные условия (горы, лес и др.), погодные условия (дождь, снег, туман), ослабление сигнала от увеличения дальности полета БПЛА, высота полета БПЛА, высота подъема антенны, воздействия радиоэлектронного подавления (РЭП) противника и другие потери на трассе. В условиях со сложным рельефом местности необходимо учитывать многолучевое влияние на диаграмму направленности и коэффициент усиления антенны [8].

Для обеспечения устойчивой работы РТК связи важное значение придаётся выбору радиосредства (ретранслятора связи) по излучаемой мощности, степени автоматизации, частотному диапазону и др. Выбор рабочего частотного диапазона радиоканала связи обуславливается несколькими факторами:

- требованиями к массе, габаритам и потреблению приемопередающего устройства БПЛА;
- необходимой дальностью работы при заданной вероятности битовой ошибки.

Для систем связи малых БПЛА решающими факторами при выборе частотного диапазона являются масса и габариты бортового приемопередатчика и антенно-фидерного устройства. Целесообразным является выбор диапазона сверхвысоких частот, при этом выборе удается создать antennу малых размеров, способную разместиться в профиле крыла (на платформе дрона). Частотный план работы радиостанции должен выбираться с учетом рабочего диапазона частот применяемой антенны (220–2500 МГц).

Целесообразным является полное использование выделенного частотного диапазона

с применением расширяющих спектр методов (прямое расширение спектра, расширение спектра методом псевдослучайной перестройки несущей частоты). Для обеспечения максимальной дальности связи в этом случае необходимо использовать наиболее энергетически эффективные методы модуляции – такие как двоичная фазовая манипуляция (BPSK) и квадратурная фазовая манипуляция (QPSK). В общем случае, в условиях ограниченной полосы частот, наиболее эффективным методом модуляции является квадратурная амплитудная манипуляция, которая в большинстве случаев более эффективна, чем различные виды частотной манипуляции.

Дальность радиосвязи при применении воздушного РТКс зависит от условий распространения радиоволн в зоне ретрансляции и технических характеристиках радиосредств, частотного диапазона. На условия распространения радиоволн оказывают влияние:

- высота подъема ретранслятора;
- наличие прямой видимости между ретранслятором и корреспондентом;
- выбранный диапазон частот;
- помеховая обстановка в зоне работы ретранслятора;
- тип применяемой антенны;
- затуханий на трассе.

На основании проводимых исследований и расчётов можно утверждать, что при расстоянии между воздушным РТКс (БПЛА) и НСУ 30 км затухания сигнала в свободном пространстве в диапазонах 0,9 ГГц; 2,4 ГГц и 5,8 ГГц равны 121 дБ, 130 дБ и 136 дБ соответственно. При полёте БПЛА в пределах прямой видимости с НСУ диапазон изменений уровня сигнала из-за замираний может достигать 15 дБ.

Оптимальным вариантом для управления БПЛА является использование УКВ каналов в диапазоне 390–645 МГц.

При организации связи на больших расстояниях, одним из факторов, влияющим на качество, является затухание сигнала на трассе, которое рассчитывается как:

$$L = 92,45 + 20 \log (10F) + 20 \log (10D), \quad (1)$$

где L – потери сигнала на трассе, дБ; F – частота сигнала, ГГц; D – дальность, км.

Энергетический потенциал линии связи может быть рассчитан исходя из следующего выражения:

$$E = P_{mpd} - L_{kpd} + G_{apd} - L_{khm} + G_{apd} - P_{spm}, \quad (2)$$

где E – энергетический потенциал линии связи, дБ; P_{mpd} – выходная мощность передатчика, дБм; L_{kpd} – потери в кабеле и антенне передатчика, дБ; G_{apd} – усиление антенны передатчика, дБи; L_{khp} – потери в кабеле и антенне приемника, дБ; G_{apd} – усиление антенны приемника, дБи; P_{spm} – уровень теплового шума на входе приемника, дБм.

Анализ выражения (2) показывает, что основными факторами, влияющими на энергетический потенциал линии связи, являются направленные свойства антенн, мощность передатчика и чувствительность приемника (тепловой шум). Ограничения на массогабаритные характеристики аппаратуры БПЛА не позволяют разместить на борту крупно апертурную антенну, обеспечивающую высокий коэффициент усиления, и мощное приемо-передающее устройство. Установка на наземном и воздушном РТК связи сканирующей цифровой антенной решётки позволит эффективно перераспределять цифровые потоки по информационным направлениям с меньшими массогабаритными размерами.

За счёт ретрансляции, применения остронаправленных антенн, подъёма антennы и/или высоты полёта БПЛА, возможно увеличить дальность связи так, как дальность прямой видимости для УКВ диапазона по формуле:

$$D = 4,12(\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}), \quad (3)$$

где D – дальность прямой видимости, км; H_1 – высота первой антенны, м; H_2 – высота второй антенны, м.

Разновидность РТК воздушного и наземного применения на базе летно-подъемной платформы «Квазимачта» предназначен для увеличения дальности радиосвязи радиостанции Р-187-П1 за счет подъема ее на высоту до 90 метров (рабочая высота – 70 метров). Для обеспечения непрерывной ретрансляции в зоне обслуживания необходимо применение двух и более комплексов с учетом их поочередной работы. Масса летно-подъемной платформы – 10 кг., а полезной нагрузки – 2 кг. Длина питающего силового кабеля – 100 м.

При установке антенны на ретрансляторе связи в вертикальном положении обеспечивается максимальная дальность радиосвязи (1 плечо до 20 км), а в горизонтальном положении до 10 км.

Для ретрансляции сигналов используется комплекс «Сибирь», «Грифон». На платформе

РТК могут устанавливаться малогабаритные антенны в зависимости от назначения и выполняемых задач [9].

Воздушный РТК может найти применение при прокладке полевых кабельных линий с использованием FPV-дронов (рис. 5).



Рис. 5. Прокладка полевого кабеля РТК

Максимальная дальность прокладки легко-го полевого кабеля составляет 500 м за время 10 мин при полёте квадрокоптера до 20 минут.

Наземные РТК связи на основании опыта СВО находят самое широкое применение для развертывания полевых кабельных линий связи, наращивания зон покрытия, развёртывания камер видеонаблюдения, установка телескопических мачт с антennами и видеокамерами, ретрансляции сигналов, восстановление нарушенных линий.

Однако на применение наземных РТК могут оказывать влияние такие факторы, как: физико-географические условия местности, различного рода препятствия (рельеф местности, строения), погодные условия, воздействия противника (огневое, средства РЭБ и другие), благодаря которым образуется атмосферная рефракция, многолучёвость. Приведенные факторы будут воздействовать как на систему дистанционного управления РТК, так и на развертываемые средства и линии связи.

Для наращивания зоны покрытия транспортной сети связи с использованием обрудовании WiMax и ретрансляции сигналов радиостанции Р-187-П1 применяется транспортный модуль (платформа) с выдвижными мачтами (рис. 6).



Рис. 6. Наземный РТК с наращиванием зоны покрытия транспортной сети связи и ретрансляции

Радиоуправляемый универсальный РТК (платформа) с модулем для наращивания зоны покрытия WiMax предназначен для наращивания зон покрытия транспортной сети связи группировки с использованием оборудования WiMax. Оснащение комплекса составляет: телескопическая управляемая мачта с абонентской станцией WiMax (модемом SJ4000 «СРЕ»), усилителем мощности WiFi сигнала. При практической работе удалось добиться на пересеченной местности радиуса зоны покрытия в 300 метров, при высоте подъема мачты – 2,5 м. Мощность усилителя сигнала составляет 8 Вт с пропускной способностью 10 мБит/с. Время развертывания (свертывания) мачты составляет 30 с.

Для прокладки кабельных полевых линий связи в войсках связи на основании опыта СВО находят применение радиоуправляемые РТК (платформы), которые применяются для доставки и прокладки кабельной полевой линии связи П-274М.

РТК (платформа), позволяет развернуть кабельную линию связи протяженностью до 2,5 км. Управление РТКс осуществляется оператором по видеотрансляции (аналоговая видеопередача в диапазоне 5.8 ГГц).

Для управления РТК на платформах устанавливается соответствующее СПО, представляющее собой модульный программный комплекс, который и обеспечивает управление отдельным РТК, а СПО поддерживает как централизованный, так и децентрализованный принцип управления.

В соответствии с командой управления РТК выполняет действия по записанной (встроенной) программе, соответствующей принятой команде управления.



Рис. 7. РТКс для прокладки кабельных линий связи

Необходимо отметить, что от состояния канала управления РТКс будет зависеть эффективность его применения в системе связи. Определение (выбор) канала управления особенно актуально по опыту проведения СВО при массовом применении противником средств РЭБ. Из приведенных способов предпочтение заслуживает автоматический, когда в СПО РТК вводятся данные полёта или движения по заданному маршруту с привязкой к карте местности, а также применение ВОЛС.

Заключение

Зависимость боевого применения РТК от различных факторов и конкретных условий выполнения ими боевых задач является объективной закономерностью тактики действия войск связи в современных операциях и боевых действиях. Тщательный анализ этих факторов, их всесторонняя оценка и правильный учет позволяют командованию соединений и частей (связи) находить наиболее целесообразные способы их боевого применения. Основное требование при этом – соответствие применяемых форм и способов действий роботов связи конкретно складывающейся обстановке по связи для обеспечения непрерывного управления войсками.

Разработка унифицированных платформ для разных типов роботов упростит обслуживание и эксплуатацию техники, снизив затраты на обучение персонала.

Таким образом, применение робототехнических комплексов в войсках связи является важным направлением модернизации вооруженных сил, способствующим повышению боеспособности и снижению риска для личного состава.

Литература

1. Тищков В. В., Иванов В. Г., Лукьянчик В. Н. Обоснование облика построения перспективных комплексов и средств связи на основе опыта организации связи при проведении специальной военной операции // Военная мысль, № 9, 2023. С. 1–14.
2. Рубис А. А., Иванов В. Г., Лукьянчик В. Н. Роль и место робототехнических комплексов при развертывании и эксплуатационном обслуживании системы связи // Военная мысль, № 11, 2025. С. 95–108.
3. Кондратьев А. Е. Боевые роботы США – под водой, в небесах и на суше // Независимое военное обозрение, 2024 г.
4. Боевые роботы в будущих войнах: выводы экспертов (Часть 1) // Независимое военное обозрение [Электронный ресурс] – URL: http://nvo.ng/ru/armament/2016-03-04/1_robots/html, 2016 г.
5. Верба В. С., Татарский Б. Г. Комплексы с БПЛА. Принципы построения и особенности применения комплексов с БПЛА // Книга1 / М Издательство «Радиотехника», 2017 г.
6. Чаховский Ю. В., Ковязин Б. С. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов в военных целях // Наука и военная безопасность, № 2, 2008 г.
7. Гудков М. А., Лукьянчик В. Н., Иванов В. Г., Васильева Т. Г. Применение БПЛА квадрокоптерного типа в интересах подразделений связи в качестве ретранслятора радиосигналов // Труды всеармейской научно-практической конференции. ВАС, 2023 г.
8. Буренок В. М. Формирование новых взглядов на применение беспилотных летательных аппаратов на основе анализа опыта специальной военной операции // Вооружение и экономика. 2024, № 1. С. 5–8.
9. Лукьянчик В. Н., Васильева Т. Г., Селезнев А. В. Повышение эффективности боевого применения, управления БПЛА в вооруженных конфликтах (современных операций) // Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Сборник статей, 2023 г.
10. Иванов В. Г., Лукьянчик В. Н., Поляков Д. Н. Повышение устойчивости управления и связи РТК военного назначения в современных операциях // Телекоммуникации и связь, 2024. № 1. С. 16–29.

APPLICATION OF ROBOTIC COMMUNICATION COMPLEXES IN A SPECIAL-PURPOSE COMMUNICATION SYSTEM

Sorokin K. N.⁴, Lukyanchik V. N.⁵, Kudryavtsev A. O.⁶

Keywords: communication channel, military operations, robots, networks, equipment, means.

Abstract

The purpose of the study: to develop goals, objectives, requirements for robotic communication systems and to substantiate proposals that contribute to their effective use in special-purpose communication systems with the massive use of weapons by the enemy based on the experience of the NWO.

Research method: analytical with the use of mathematical apparatus to determine the range of direct radio visibility between the robotic communication complex and the ground control station depending on the height of the antennas and the increase in the energy potential of the radio link.

Result: the goals and objectives of ground and air robotic communication complexes (RTCs) are formulated, their classification is carried out according to the characteristics of technical performance and by purpose, a list of general operational and technical requirements for RTKs is determined based on factors affecting their applications, the directions of use of RTCs in the communication system, a complex of ground and air facilities (platforms) for performing communication tasks in accordance with the certain requirements for the build-up (additional deployment) of communication lines, the expansion of access zones, the restoration of sections of communication lines, the deployment of communication masts, video surveillance and other tasks. The goals and objectives determined the classification of RTKs and were fundamental in substantiating the composition of platforms, choosing means of delivery (use) and transport base, RTKs control means and other devices that ensure the effective combat use of complexes and methods

⁴ Konstantin N. Sorokin, Ph.D. of Technical Sciences, Deputy Head of the Research Center of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny, St. Petersburg. E-mail: evil_kvark@yandex.ru

⁵ Valentin N. Lukyanchik, Ph.D. 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

⁶ Alexey O. Kudryavtsev, adjunct of the research center of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S. M. Budyonny, St. Petersburg. E-mail: snow-tops@yandex.ru

of their use in accordance with the tactics of the troops and the use of signal troops: issues related to the control of air and ground RTKs are also studied, since in this case various factors leading to the attenuation of both the control signal and the relay signals due to the refraction and diffraction of radio waves are manifested. Mathematical expressions characterizing the energy state of a radio link are given.

The scientific novelty is determined by the depth of substantiation and consideration of the features of the use of various RTKs in modern operations, the developed goals, objectives, requirements for air and ground complexes, forms and methods of their application, and the composition of equipment depending on the type of platforms.

References

1. Tishkov V. V., Ivanov V. G., Luk'janchik V. N. Obosnovanie oblika postroenija perspektivnyh kompleksov i sredstv svjazi na osnove opyta organizacii svjazi pri provedenii special'noj voennoj operacii // Voennaja mysl', № 9, 2023. S. 1–14.
2. Rubis A. A., Ivanov V. G., Luk'janchik V. N. Rol' i mesto robototekhnicheskikh kompleksov pri razvertyvanii i jeksploatacionnom obsluzhivanii sistemy svjazi // Voennaja mysl', № 11, 2025. S. 95–108.
3. Kondrat'ev A. E. Boevye roboty SShA – pod vodoj, v nebesah i na sushe // Nezavisimoe voennoe obozrenie, 2024 g.
4. Boevye roboty v budushhih vojnakh: vyvody jekspertov (Chast' 1) // Nezavisimoe voennoe obozrenie [Jelektronnyj resurs] – URL: http://nvo/ng/ru/armament/2016-03-04/1_robots/html, 2016 g.
5. Verba V. S., Tatarskij B. G. Kompleksy s BPLA. Principy postroenija i osobennosti primenenija kompleksov s BPLA // Kniga1 / M: Izdatel'stvo «Radiotekhnika», 2017 g.
6. Chahovskij Ju. V., Kovjazin B. S. Vozmozhnosti ispol'zovaniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov v voennyh celjah // Nauka i voennaja bezopasnost', № 2, 2008 g.
7. Gudkov M. A., Luk'janchik V. N., Ivanov V. G., Vasil'eva T. G. Primerenie BPLA kvadrokopternogo tipa v interesah podrazdelenij svjazi v kachestve retransljatora radiosignalov // Trudy vsearmejskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. VAS, 2023 g.
8. Burenok V. M. Formirovaniye novykh vzgljadov na primerenie bespilotnyh letatel'nyh apparatov na osnove analiza opyta special'noj voennoj operacii // Vooruzhenie i jekonomika. 2024, № 1. S. 5–8.
9. Luk'janchik V. N., Vasil'eva T. G., Seleznev A. V. Povyshenie effektivnosti boevogo primerenija, upravlenija BPLA v vooruzhennyh konfliktah (sovremennyh operacij) // Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Sbornik statej, 2023 g.
10. Ivanov V. G., Luk'janchik V. N., Poljakov D. N. Povyshenie ustojchivosti upravlenija i svjazi RTK voennogo naznachenija v sovremennyh operacijah // Telekommunikacii i svjaz', 2024. № 1. S. 16–29.

