

Противодействие

беспилотным системам

семинар в НИУ «МЭИ» 09 сентября 2025 г.

Участники:

- 1) представитель ВА ВКО;
- 2) представитель ООО «Манго»;
- 3) представитель МО РФ;
- 4) представитель НИЯУ «МИФИ»;
- 5) представитель ООО «КМК Групп»;
- 6) представитель АО «Маневр-21»;

- 7) Представитель НИУ «МЭИ»;
- 8) Представитель НИУ «МЭИ»;
- 9) Представитель компании Hyperlison.

Повестка:

Взгляды иностранных военных теоретиков на тенденции развития способов ведения боевых действий в военных конфликтах будущего.

Предложения по итогам:

1. Принять к сведению информацию материалов докладов.

Стенограмма семинара (1 час 30 минут)

Представитель НИУ «МЭИ»

Здравствуйте, уважаемые товарищи. Мы начинаем очередной семинар по противодействию беспилотным системам. Сегодня у нас 9 сентября 2025г. Мы, как обычно, проводим семинар. Напоминаю, что семинар является мероприятием открытым. Здесь не надо упоминать ничего, что является информацией ограниченного доступа.

Наша беседа записывается, как вы видите, на аудио-носитель. Затем расшифровывается в стенограмму, в которой мы сохраняем привязку к организациям, но убираем имена и должности.

Напоминаю, что семинар ведется с целями обмена опытом, информацией, чтобы ее с разных сторон накапливать и осмысливать. Все присутствующие участники семинара делятся на три категории. Первая группа - это те, кто представляет потребителей каких-то решений, те, кто заинтересован в раз-

работке изделий, т.е. является заказчиком решений. Вторая категория - это те, кто обладает компетенциями для разработки таких изделий. Ну и третья группа - это проводники к ресурсам, финансовым, организационным, для того чтобы те или иные востребованные решения претворялись в жизнь. Семинар проводится регулярно, раз в две недели.

Сейчас мы все представимся, потому что сегодня среди присутствующих есть новые лица. Прошу сообщать какую организацию вы представляете и в какой роли на семинаре вы выступаете. То ли, как заказчик-потребитель, то ли как носитель компетенций, то ли как проводник к организационному и финансовому ресурсу. Мы, напоминая, имена и должности из стенограммы уберем, оставим только привязку к организации.

Я, представитель МЭИ. Мы принимающая сторона. Я выступаю в роли носителя компетенций;

Представитель ВА ВКО

Я, представитель ВА ВКО. Выступаю на семинаре в роли носителя компетенций

Представитель ООО «Манго»

Добрый день! Я представляю ООО «Манго», являюсь носителем компетенций.

Представитель МО РФ

Добрый день! Я представляю МО. И выступаю в роли заказчика;

Представитель НИЯУ «МИФИ»

Я представляю МИФИ и являюсь носителем компетенций;

Представитель ООО «КМК Групп»

Я представляю ООО «КМК Групп» и тоже являюсь носителем компетенций.

Представитель АО «Маневр-21»

Я представляю компанию разработчика. И соответственно вхожу в группу «носителей компетенций»;

Представитель НИУ «МЭИ»

Я представляю МЭИ, выступаю в роли носителя технологий.

Представитель НИУ «МЭИ»

Хорошо, спасибо коллеги. Теперь приступаем к содержательной части. Напоминаю, что темой сегодняшнего основного доклада является «Взгляды иностранных военных теоретиков на тенденции развития способов ведения боевых действий в военных конфликтах будущего».

Эпиграфом к моему сегодняшнему выступлению я хотел бы взять цитату из работы Лоуренса Фридмана «Будущие войны»: «Предсказания трудны и скорее всего ошибочны, но они не бесполезны».

В этой цитате отражается, на мой взгляд, общее отношение к работам западных специалистов по оценке опыта СВО и прогнозам будущих военных конфликтов.

СВО России на Украине явилась катализатором аналитических исследований военных теоретиков новых форм и способов ведения боевых действий. Многие специалисты отметили революционный характер изменения способов ведения боевых действий. Совершенно очевидно, что появлению революционных изменений на поле боя предшествовала длительная эволюция научных, технологических и промышленных шагов, позволившая вывести на поля сражений новые эффективные средства поражения, коммуникации и обнаружения.

В монографии Джека Уотлинга «Оружие будущего» приводятся основные тезисы, характеризующие по мнению автора будущие военные конфликты. Приведу их:

1. Сложность достижения оперативной внезапности;
2. Численный и качественный рост средств разведки, корректирования огня и объективного контроля;
3. Возросший уровень развития новых коммуникационных архитектур;

4. Повышение дальности и смертоносности оружия;
5. Необходимость значительного рассредоточения сил и средств для снижения боевых потерь, использование для этого защитных свойств местности и постоянная маскировка;
6. Неспособность боевой логистики обеспечить согласованный ритм снабжения боевых частей;
7. Снижение роли БТС и фронтовой авиации, вызванные ростом возможностей средств поражения;
8. Изменение тактики применения сил и средств в основных видах боевых действий;
9. Доминирующее значение РЭБ и кибер атак в ходе ведения многодоменных операций;
10. Акцентирование ударов на объектах тыла и логистики;
11. Рост значения подразделений тылового и боевого обеспечения;
12. Рост значения роли роботизированных комплексов в ходе боевых действий;
13. Рост значения электрической энергии для успешного ведения боевых действий;
14. Активное влияние социальных сетей и «гражданского телекоммуникационного оборудования» на ход боевых действий.

Комментируя эти тезисы, хочу сказать, что на мой взгляд, основными причинами изменившимися содержанием боевых действий являются всего три пункта. Это:

1. Качественное повышение возможностей разведки;
2. Доминирующее превосходство средств поражения;
3. Возросшие возможности средств обмена данными и передачи информации.

Все остальные тезисы являются лишь следствием этих трех основных пунктов.

Поэтому, я предлагаю рассмотреть первый пункт – о качественном повышении возможностей средств разведки. И здесь авторы исследований перечисляют нам обширнейший список средств разведки, основанных на принципах радиолокации, пеленгации сигналов, акустики, магнитных, сейсмических, оптических и целого ряда иных принципов. Все эти датчики могут размещаться как на спутниках, так и на земле, самолетах, иных технических средствах. Они действительно способны на многое. Вот на слайде представлены датчики наземного сенсорного оборудования BOSA-Net. Они очень миниатюрны, отслеживаются и управляются программным обеспечением под управлением искусственного интеллекта. Они способны засекать движение на расстоянии до 100-200м от себя, делать фото движущихся объектов и передавать эту информацию на базовую станцию. Которая, в свою очередь, может навести на цели огонь средств поражения.



На следующем слайде представлен тактический радар Эрликон ХТАР-3D. Он предназначен для использования в тылу, для охраны важных объектов, прикрываемых батареями зенитных орудий этой же фирмы. Возможности данного радара позволяют обнаруживать цель с ЭРП менее 1 кв.м. на расстоянии до 30 км.



Вообще сегодня, по наблюдениям Д. Уотлинга обновление технических характеристик различных сенсоров происходит с периодичностью 1 раз в 6 месяцев. Чтобы поддержать такой темп и при этом не снижать качества вооружения он считает необходимым в процессе разработки отделить аппаратное обеспечение от программного. Т.е. стандартизовать информацию на выходе всех сенсоров. Это по мнению западного специалиста позволит получить серьезные преимущества в ходе разработки и модернизации электронных датчиков.

Я же со своей стороны, хотел обратить ваше внимание, что все перечисляемые устройства сбора информации: от радаров и пеленгаторов, до акустических, оптических и прочих датчиков применяются на поле боя уже давно. Еще во времена «холодной войны» наши противники активно использовали спутники и все перечисленные виды датчиков. Но поле боя не стало настолько «прозрачным», как на СВО. Что же изменилось? А средством, изменившим правила игры в этой области стали БЛА, точнее перенасыщение ими линии боевого соприкосновения.



По моим подсчетам ВВС Украины имеют в своем составе около 35 отдельных частей. Что позволяет одновременно иметь в воздухе более 3 тысяч БЛА, значительное число из которых используется для ведения разведки и корректирования огня. Странно, что ни в одной из работ американских военных аналитиков этому факту не уделяется должного значения. Напротив, в одном из последних докладов МО США отмечается, что в ходе конфликта на Украине ежедневно используется до 3 тысяч FPV-дронов, но эффективность их применения составляет менее 10%. К данной оценке я бы подходил крайне осторожно. Здесь, как говорится: следите за руками. Эффективность применения может и не превышает 10%, а вот количество потерь от БЛА оценивается в 80% от всех потерь. Так что к таким анализам нужно относиться достаточно критически. Хотя у американцев, как и в целом в странах блока НАТО есть эффективные средства борьбы с БЛА. И говоря о возросшей эффективности средств огневого поражения, я на этом останавлиюсь.

Примерно с 80-х годов прошлого века ведущие государства блока НАТО серьезно озаботились борьбой с советскими противокорабельными ракетами. Как ответ на эти ракеты и отечественные вертолётные комплексы, там получают развитие работы по развитию малокалиберных артиллерийских систем.

Наибольших успехов в этом вопросе достигла швейцарская компания Oerlikon Contraves AG, вошедшая в 2000г в состав концерна Rheinmetall-De Tex AG.

Собственно говоря, эта компания прославилась тем, что выпускала достаточно интересные артиллерийские системы. Основная масса установок была выпущена в калибрах 35 и 30 мм. Такие системы использовались в трёх основных видах размещения. Это были установки стационарных наземных комплексов ПВО, такие как MANTIS, Skyshield. Мобильные системы, которые устанавливались в качестве боевых модулей на БТРах и БМП западного производства, таких как «Пума», «Лукс», «Россомеха» и, естественно, ком-

плексы корабельного базирования, которые установились на кораблях класса «Миллениум». Несмотря на такое разнообразие, все эти установки имели одну основную общую черту: каждая установка на дульном срезе имела программатор.



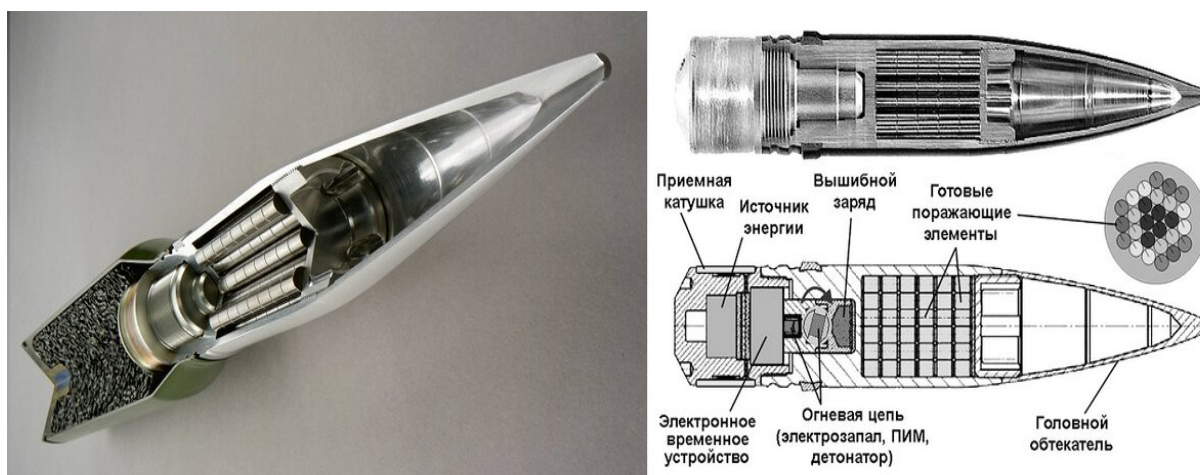
Программатор являлся отличительной особенностью установок с «умной системой воздушного подрыва боеприпасов». Он предназначался для дистанционного индуктивного программирования боеприпасов калибра 30–35 мм. Первоначально разработки велись в калибре 35 мм.



Использовавшаяся в составе зенитных установок автоматическая пушка МК-44, разработанная в компании Oerlikon AG позволяла вести огонь как одиночными выстрелами, так малым темпом 200 выстрелов в минуту и большим темпом до тысячи выстрелов в минуту. Дальность стрельбы составляла на установках корабельного базирования до четырех с половиной

километров по вертолётам, а по БПЛА до трех километров. Конечно, такую эффективность можно было достигнут только в том случае, если применялись соответствующие новые боеприпасы.

Это были так называемые умные снаряды воздушного подрыва АВМ (Air Burst Munition), или АНЕАD (Advanced Hit Efficiency And Destruction) — повышенная эффективность попадания и разрушения. Концепцией этих боеприпасов является то, что при их создании был произведен отказ от заполнения взрывчатким веществом всего внутреннего пространства снаряда. Вместо этого пространство внутри корпуса снаряда заняли готовые поражающие элементы, которые поражали цель за счет высокой кинетической энергии после выхода из оболочки.



На слайде показано устройство этого снаряда. Вы видите, что используемый здесь вышибной заряд составляет всего 0,9 грамма ВВ. Если мы будем сравнивать, например, с нашим ОФЗ снарядом калибра 23 миллиметра, то там используется заряд 19 грамм взрывчатого вещества. Здесь же повторюсь, масса взрывчатого вещества составляет всего 0,9 грамм, оно здесь называется вышибным зарядом и предназначается для того, чтобы разрушить корпус на , шесть фрагментов по заготовленным на внутренней части корпуса насечкам. Начальная скорость такого снаряда составляет примерно тысяча восемьдесят метров в секунду. При встрече с целью он имеет скорость до восьмиста метров в секунду. При такой скорости такой поражающий элемент обладает энергией более тысячи четырехсот джоулей. Этого вполне достаточно для того, чтобы поражать различные объекты. Для того, чтобы вся эта система функционировала, естественно, потребовался соответствующий электронный взрыватель с дистанционным программированием. При программировании этого взрывателя используется индукционный метод. Взрыватель состоит из электронного блока, источника питания

и, соответственно, огневой цепи и ПИМа. Кстати говоря, ПИМ здесь достаточно оригинальный. Он имеет электронную защиту, которая не позволяет запрограммировать взрыватель на время срабатывания менее 60 миллисекунд, что не позволяет снаряду взорваться на расстоянии ближе 70–75 метров от стреляющей установки, и механическую часть. Изначально при хранении ПИМ с электрическими контактами развёрнут на 90 градусов относительно оси снаряда. И только после выстрела, под воздействием ускорения выстрела, ПИМ разворачивается вокруг оси и электрическая (огневая) цепь взрывателя замыкается. Подрыв такого боеприпаса производится на расстоянии от 10 до 40 метров до цели, в зависимости от типа цели, что позволяет обеспечить формирование конуса готовых поражающих элементов. Благодаря вращению снаряда готовые поражающие элементы выброшенные из раскрывшегося при подрыве вышибного заряда корпуса формируют конус с растром порядка 12–14 градусов. На расстоянии 30 метров площадь круга, образованного этими осколками составляет примерно 22,5 метра, это чуть более 5 метров в диаметре. До семи осколков приходится на один квадратный метр. Для гарантированного поражения крылатой ракеты требовалось примерно 25 таких снарядов. Тогда как обычных боеприпасов требовалось более двухсот пятидесяти штук. То есть разница в десять раз. Собственно говоря, расчётно-экспериментальным путём специалисты компании Oerlicon AG пришли к тому, что необходимо разработать в зависимости от вида целей три типа боеприпасов.

Первый тип боеприпаса, который разрабатывался, это PMD 062, он предназначался для поражения самолетов, вертолетов и противокорабельных ракет. Все боеприпасы по массе практически одинаковые, по начальной скорости одинаковые, отличаются они в первую очередь готовыми поражающими элементами. Так для поражения ракет используются готовые поражающие элементы массой 3,3 грамма, диаметр таких элементов составляет 5,85 мм и таких поражающих элементов в одном снаряде 152 штуки.

Для борьбы с безэкипажными катерами, легкобронированной и автомобильной техникой, применяется снаряд ПМД-330, где уже 407 таких готовых поражающих элементов. Масса каждого из которых составляет 1,24 грамма, при диаметре 4,65 мм.

А для борьбы с беспилотными летательными аппаратами и пехотой применяется тип снаряда PMD-375, масса входящих в него ГПЭ всего

0,64 грамма, диаметр 3,5 миллиметра, но зато количества таких элементов, в одном снаряде составляет 860 штук.

Кстати, для поражения артиллерийской (минометной) мины на траектории полета, требуется всего 4 таких снаряда. Это позволяет гарантированно вывести из строя взрыватель мины.

Ну а как работает система дистанционного программирования компании Oerlikon AG.



Для нормального функционирования системы с боеприпасами AHEAD, в состав установки в обязательном порядке вводится радар, с помощью которого боевой расчет определяет положение цели, дальность до этой цели и берут эту цель на сопровождение. Наведение установки осуществляется в автоматическом режиме. После получения данных о цели и подтверждения оператором задачи на поражение цели, данные поступают в баллистический вычислитель. Производится выстрел. При выходе из канала ствола происходит измерение индивидуальной начальной скорости снаряда и его программирование. Для этого и предназначен программатор о котором я рассказывал в начале своего выступления. Две первые катушки программатора находятся на расстоянии 10 сантиметров друг от друга. Когда снаряд проходит первую катушку, начинается отсчет времени. При прохождении второй катушки таймер останавливается. Зная расстояние между катушками и время за которое снаряд преодолел это расстояние, баллистический вычислитель формирует поправку в исходные данные

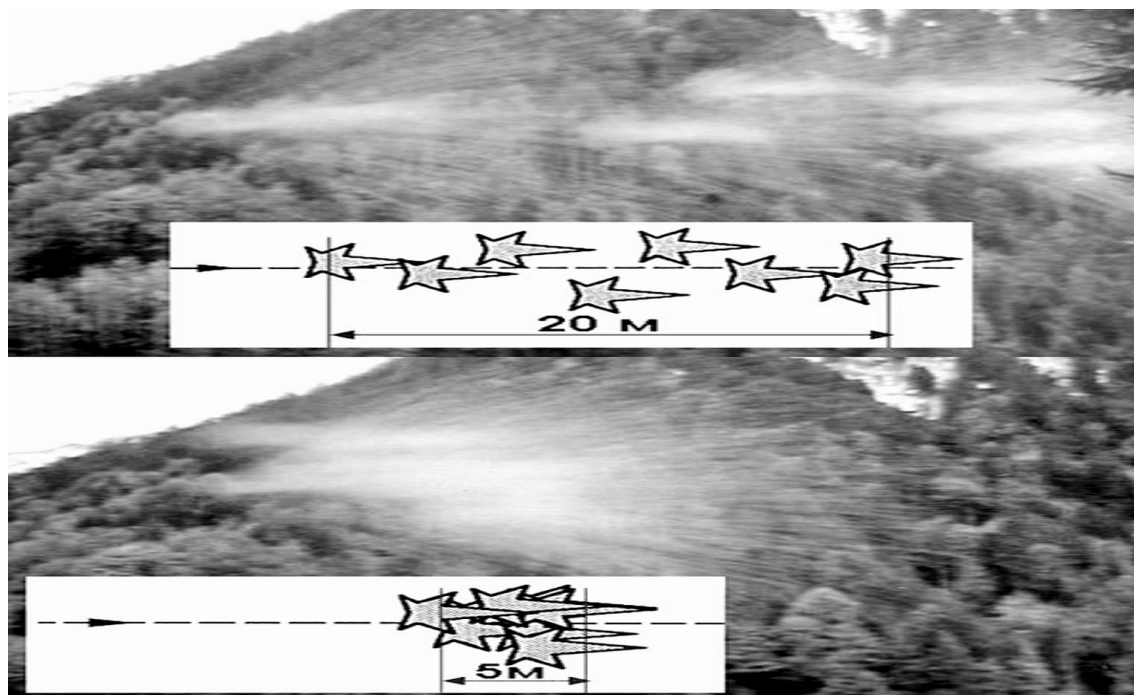
и задается время, или, точнее говоря, количество тактов, которое должен отработать таймер до момента подрыва. На весь процесс измерения скорости снаряда и его программирование уходит менее 0,002 секунды.

При достижении снарядом расчетной точки происходит срабатывание взрывателя. В результате подрыва вышибного заряда происходит разрушение корпуса на шесть сегментов и выброс ГПУ с формированием конуса кинетических поражающих элементов. Большое значение для точности, эффективности ведения огня имеет, конечно, кучность разрывов.

Я подчеркну, что в зависимости от технологических причин (различий количества и качества пороха), степени нагрева ствола в процессе стрельбы происходят отклонения снарядов от точки прицеливания, даже при одной установке времени подрыва.

Специалистами компании проводились экспериментальные стрельбы из комплекса морского базирования. Было выпущено 8 снарядов по цели на расстоянии 1600 метров без учета начальной скорости каждого снаряда. Рассеивание по дальности составило 20 метров.

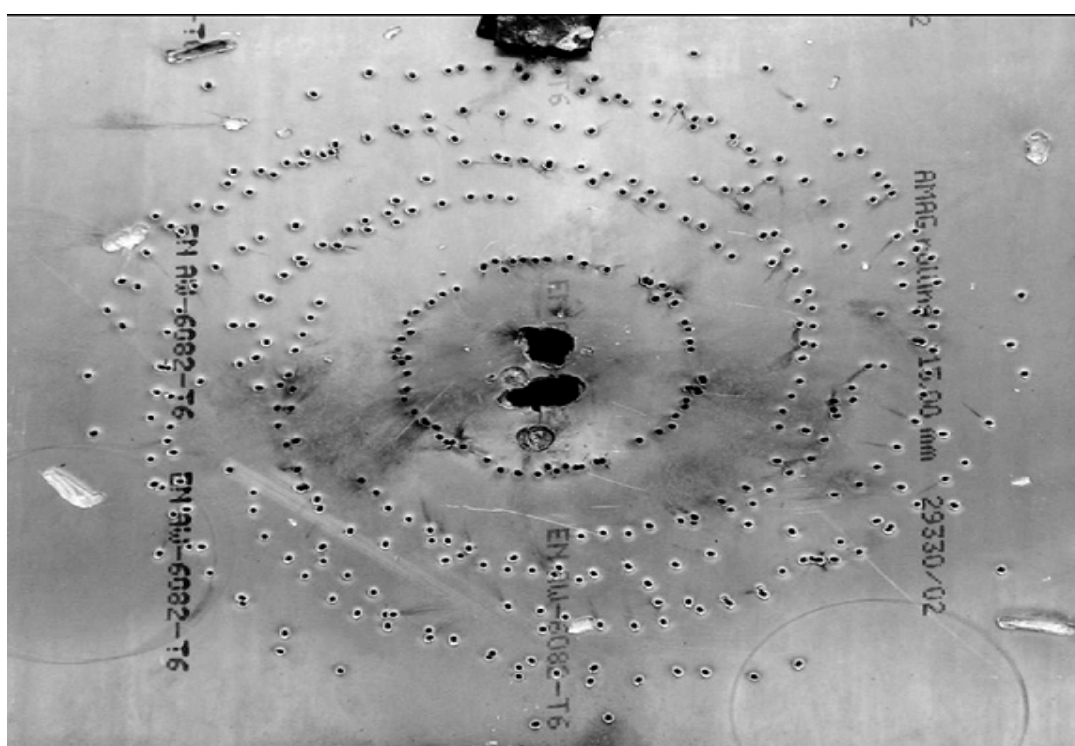
При включении измерения начальной скорости снарядов удалось уменьшить рассеивание более чем в 4 раза. Расстояние между разрывами снарядов сократилось до 5 метров.



Поэтому измерение индивидуальной начальной скорости снарядов и внесение поправок в исходные данные очень важно, по мнению специалистов

фирмы Oerlikon, и имеет большое значение для эффективного поражения цели. Позволяет сформировать очень плотное осколочное поле.

А, вот результаты стрельбы с 30-мм снарядом АНЕАД. Это снаряд РМД-062, там где самые крупные осколки, и соответственно наименьшее количество осколков.



Так выглядит 15-мм алюминиевая пластина. Алюминиевая пластина — это алюминиевая броня, которая применяется в боевых машинах десанта в нашей стране. Вот так ее пробивают ГПЭ снаряда АНЕАД. Подрыв снаряда произведен на удалении 30 метров от пластины. Таким образом, время подрыва выбирается, исходя из типа цели, как правило, на расстоянии от 10 до 40 метров от цели, что позволяет формировать плотный и оптимальный для этой цели рой осколков.

На сегодняшний день специалисты компании «Эрликон» говорят, что, по сути дела, их боеприпасы — единственное действительно эффективное средство борьбы с бесплотными летательными аппаратами.

На сегодняшний день эти установки состоят на вооружении более десяти стран мира.

На этом слайде перед вами боевой модуль Oerlikon Revolver Gun® Mk3. Он может выпускаться в трех вариантах. Первый вариант — стационарный на палетах. Второй вариант — буксируемый на автомобильном прицепе. И третий - мобильный вариант на трехосном бронированном шасси автомобиля МАН с колесной формулой 6×6.



В состав модульного комплекса Skunex помимо боевого модуля входят: тактический радар и мультисенсорный блок. Боевой модуль имеет радар Х-диапазона ближнего радиуса действия. Возможности радара дополняются оптической системой, включающей в себя оптическую и тепловизионную ветви наблюдения. В таком усеченном виде комплекс Skunex монтируется на автомобильном шасси. Вообще же, в состав этого модульного комплекса как правило включается тактический радар ХТАР-3D. Это трёхмерный радар, работающий в Х-диапазоне и решающий задачи поиска, обнаружения, захвата, сопровождение и классификации целей. Может устанавливаться в стороне от установки, имеет возможность привязки к местности в своей точке. В этом случае определяются координаты батареи, координаты этого радара, и баллистический вычислитель выдает команды на стрельбу с учетом соответствующих поправок. Дальность обнаружения цели до 50 километров. Такая установка позволяет обнаружить не только ре-

активные снаряды, но и артиллерийские и минометные снаряды и мины. Именно с помощью вот такого радара можно уничтожать мины на траектории полета.





Мультисенсорный блок МСУ, модульной системы Skunex, поставляется опционально. Это всепогодный оптико-электронный комплекс наблюдения с невращающимся радаром 3D-AESA, прикрывающим сектор 360 градусов. Заявленная дальность обнаружения цели с ЭРП менее 1 квадратного метра составляет до 30 километров. Возможности радара дополнены оптической системой с тепловизионным и телевизионными каналами. На этом слайде перед вами комплекс Скурейджер. Он представляет собой уже известный вам боевой модуль «Револьвер МК3» компании Эрликон, помещенный на шасси бронетранспортера «Боксер». Дальность поражения целей сократи-



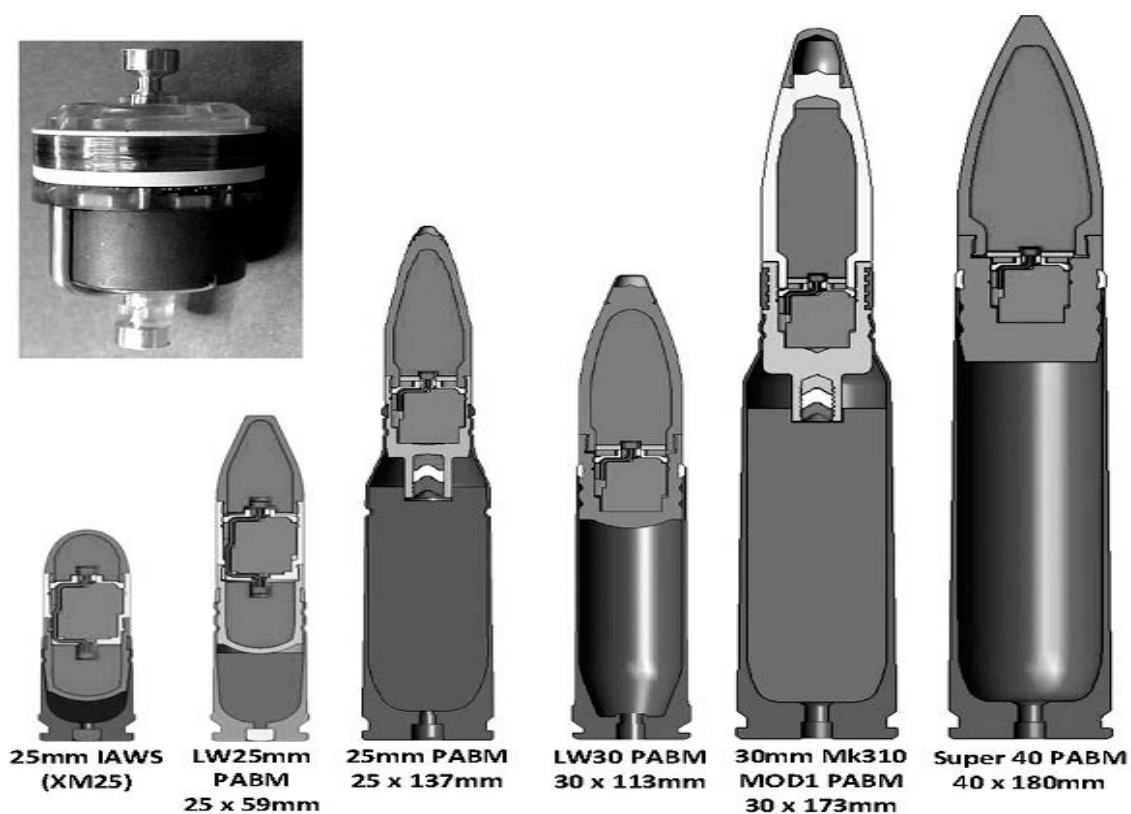
лась по сравнению с наземным комплексом, использующим вынесенный радарный модуль, до 3-х километров. А с 2020-го года, в установке используется пушка 30 мм вместо 35-мм орудия. Это позволяет сэкономить до 40% объема и, соответственно, на 40% величить количество боеприпасов для данного комплекса.

Здесь можно увидеть вариант размещения боевого модуля «Револьвер МК-3» на колесном шасси бронированного автомобиля MAN с колесной формулой 6х6. То есть, по сути дела, используется та же палета с боевым модулем. БК составляет 252 снаряда, это для 35-мм орудия. Соответственно, для 30-ти миллиметрового орудия БК будет больше на 40%.



Продолжая наш разговор о развитии боеприпасов воздушного подрыва, нужно сказать, что американцы всё это время не стояли на месте. Они не наблюдали за своими европейскими коллегами сложив руки. Начиная с середины 80-х годов в Соединённых Штатах велись разработки по этой программе воздушного подрыва. Лидером в этих работах является американская компания Orbital ATK, которая уже в 2001-2002 г.г. произвела экспериментальные стрельбы с использованием своих боеприпасов. В дальнейшем, в результате работ были разработаны не только линейка боеприпасов но и два боевых модуля LWR25 и LWR30. Соответственно, под установку 30 и 40 миллиметровых орудий. Последние работы предполагают возможность замены ствола пушки «Бушмастер» с 30 мм на ствол 40 мм в течение всего одного часа.

Чем интересна американская система? Во-первых, американцы, распространили возможность установки своего взрывателя на всю линейку снарядов. Включая, в том числе, и гранатометные выстрелы. Размещение этого взрывателя может быть как в серединной части, так и в задней части, и в носовой части снаряда, сразу же за обтекателем.



Американцы пошли принципиально по другому пути, если сравнивать их с немцами. Кстати говоря, пушка в характеристиках достаточно хорошая, вы видите.



Начальная скорость снаряда 1080 метров в секунду, как я говорил, ствол заменяется. Чем интересно это орудие для нас?

Американцы, имея возможность вносить изменения в конструкцию этой пушки, пошли на вариант программирования боеприпасов отличный от немецкого. Если у немцев программирование боеприпасов происходит на

д

у

л

е

е

с

м

с

е

е

з

е

т

у

о

о

о

у

а

м

е

р

а

м

е

р

а

м

е

р

а

м

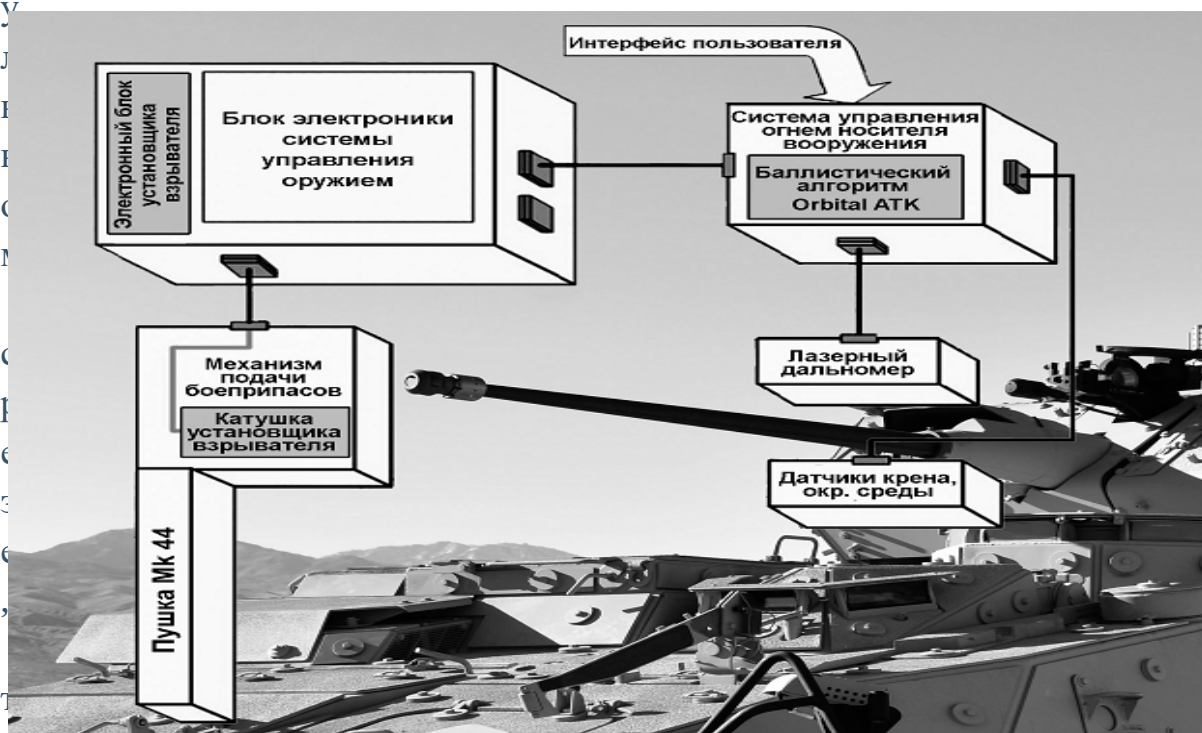
е

р

а

м

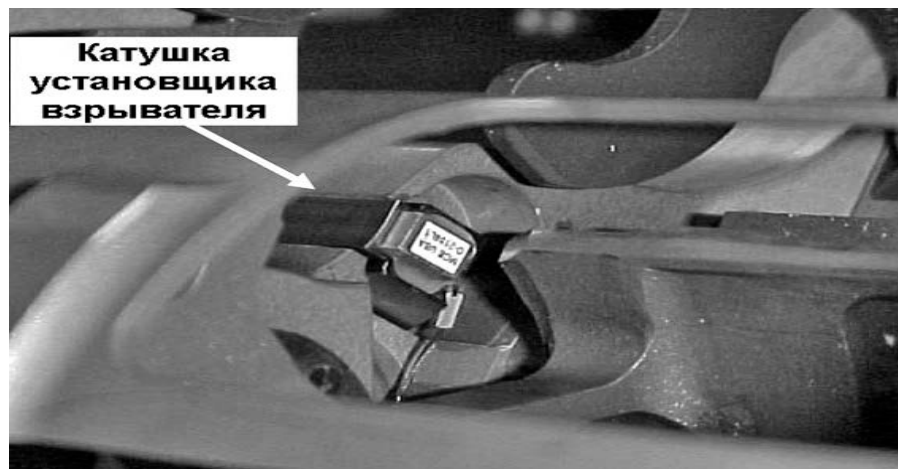
е



у американцев — на линии заряжания.

Но сначала по общей концепции воздушного подрыва компании ATK Orbital. Здесь учитывается не только расстояние до цели. Оно, кстати, определяется с помощью лазерного дальномера. Кроме этого учитывается и состояние внешней среды. Это крен оружия. Учитывается сила, направление ветра, температура окружающей среды. Это позволяет более точно определять исходные установки для стрельбы. После получения от внешних датчиков исходных данных, они поступают в баллистический вычислитель. Откуда при начале стрельбы оператором (управление ручное) поступают на программатор. Программатор находится, в данном случае, внутри орудия, на линии заряжания. Здесь система заряжания револьверно-

го типа, и катушка индуктивности находится прямо на линии заряжания. Где происходит запись информации на электронный взрыватель.



Свою начальную скорость снаряд определяет самостоятельно, в ходе полета по косвенным признакам: по угловой скорости вращения снаряда. Для этого во взрыватель интегрирован датчик положения снаряда относительно магнитного поля Земли. Это несколько удорожает всю систему, но, тем не менее, позволяет ведение огня из такой установки с высокой точностью.

На слайде показана катушка установщика взрывателя. Это одна из внешних отличительных особенностей системы воздушного подрыва боеприпаса МК-310Т американской компания Orbital ATK, от немецкой системы компании «Рейнметалл».

То есть, исходные данные взрыватель снаряда записывает тогда, когда он находится еще на линии заряжания. Свою скорость он еще не знает. Активация снаряда происходит под действием перегрузок выстрела. А после выхода снаряда из канала ствола по угловой скорости вращения он определяет свою начальную скорость и вносит корректировку в исходные данные.

При этом взрыватель у американцев отсчитывает не время, а количество оборотов до цели. То есть у них, например, до цели снаряд должен совершить шесть тысяч оборотов, это соответствует четырем тысячам метров. Через шесть тысяч оборотов, произойдет подрыв.



У них 3 типа подрыва, если у немцев срабатывание происходит только.

Исходя из этой концепции различается устройство снаряда МКЗ10Т от немецких снарядов АНЕАД. У американцев есть три варианта срабатывания. Первый вариант «по времени», будем говорить так условно. Вторым вариантом - это контакт с целью. И третий - с замедлением после контакта с целью, то есть он может проникнуть через преграду и сработать. Поэтому американцы используют не готовые поражающие элементы а насечку корпуса с внутренней стороны и более мощное ВВ.

Система сама по себе более сложная и дорогая, но отличается универсальностью и высокой эффективностью.

Хотя у американцев есть еще вариант снаряда, когда они вообще ничего не учитывают, т. е. они не учитывают начальную скорость снаряда. Снаряд получился в полтора раза дешевле, но при всем этом такого активного распространения как снаряды МКЗ10Т не получил. Возвращаясь к устройству снаряда. Катушка взрывателя находится ближе к средней части снаряда, потому что именно здесь удобнее организовать ее контакт с индукционной катушкой программатора на линии зарядания.

По источнику питания. Первоначально американцы использовали аккумуляторную батарейку. Потом они вооружившись работами советского академика Сахарова создали первичный источник энергии, построенный на магнитокумулятивном эффекте. В нашей родной стране такие устройства применяют только в лабораторных установках. На одной из последних открытых конференций, проводившихся в Чарльстоне Южная Каролина США руководитель направления программируемых электронных взрывателей д-р Штефан Лауэр заявлял о том, что максимальная мощность источника питания, достигнутая на сегодняшний день, не может превышать

9,4 мДж. Это действительно максимальный результат, достигнутый специалистами компании Рейнметалл. Причем немцы с системой первичного источника энергии исхитрялись до полного безобразия. Они магниты разделяли и разворачивали. Меняли ориентацию полюсов, разделяли катушку на составляющие элементы. Экспериментировали с задержкой срабатывания источника. У немцев обычный электромагнитный источник. Они его называют генератором обратного хода. На практике это относительно массивный сердечник из магнита, который однократно под действием инерционных сил выстрела перемещается внутри обмотки катушки. И максимум, что он может выдать, это 9 мДж энергии, сохраняемой на конденсаторе. Для того, чтобы использовать энергию выстрела с максимальной эффективностью магнит закрепляется в передней части источника энергии срезной шпилькой. А при максимальном ускорении шпилька разрушается и магнит с высокой скоростью проходит внутри обмотки катушки. Американцы же сжимают катушку.

Американцы не пошли по пути использования готовых поражающих элементов. Они нанесли насечки на внутренней части корпуса снаряда. Это связано с разнообразностью способов инициирования подрыва снаряда МК-310Т относительно цели. А почти 20 грамм ВВ позволяют получить осколки с достаточной энергетикой вне зависимости от скорости самого снаряда.

Ну, и американцы не были бы американцами, если бы они не развивали сразу различные направления. Я говорю об использовании электронных взрывателей в боеприпасах автоматических гранатометов.

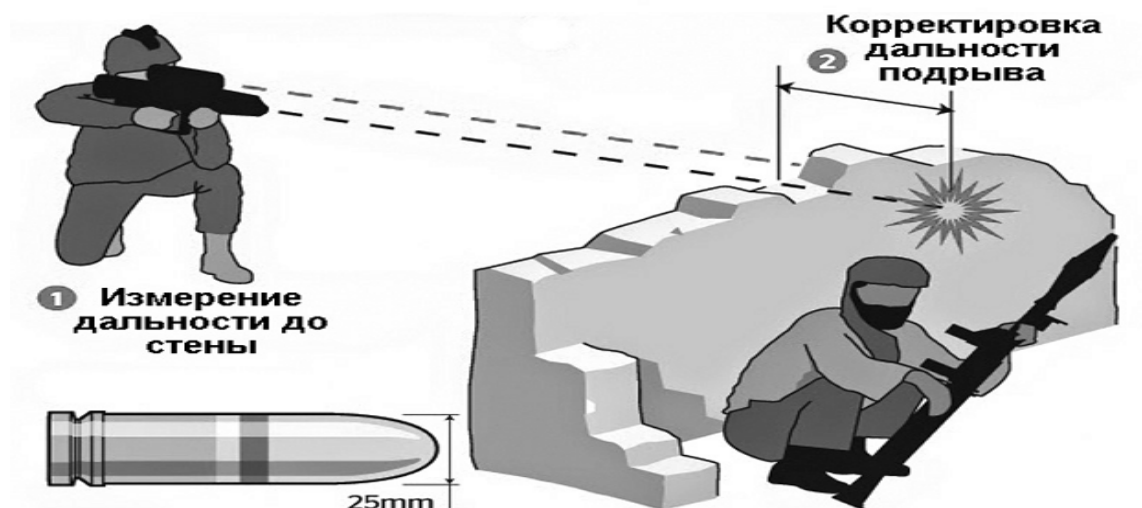
На этом слайде представлен гранатомет ХМ-25. На самом деле, начиналось все у них с ХМ-29, гранатомет, от которого сами американцы отказались, из-за того, что стоимость его эксплуатации, не соответствовала получаемому эффекту. То есть, боеприпас обладал недостаточным могуществом, был дорогой. Он использовал оптический способ записи информации во взрыватель гранаты. То есть, в гранате гранатомета ХМ-29 стояли оптические датчики 8 штук, которые были обращены в заднюю полусферу. После выстрела инфракрасной фарой подавалась серия сигналов, и как только четыре серии совпадали, граната переставала принимать внешние сигналы, и включался таймер отсчета времени подрыва. Это происходило на расстоянии порядка двух - четырёх метров от обреза ствола. Измерение начальной скорости гранаты не производилось. Считается, что это достигается повышением технологических допусков при производстве гранат, когда очень точно отмеряется количество пороха, а количество очередей здесь

достаточно ограничено, поэтому нагрев ствола, они считают, можно не учитывать. Аналогичное устройство имеет система воздушного подрыва немецкого гранатомета Heckler end Koch.

Система управления огнем гранатомета XM-25 достаточно интересна. Электронный комплекс достаточно сложный. Электронный блок, размещенный над стволом имеет лазерный дальномер, две ветви наблюдения и прицеливания (телевизионную и тепловизионную) с 4-х кратным приближением, электронный компас, блок программирования с ручной установкой поправок и баллистический вычислитель.



Установка времени подрыва производится в ручном режиме. Как это происходит? Это происходит следующим образом. Вот стрелок измерил расстояние до преграды, за которой противник спрятался. После этого он задает специальной кнопкой поправку к точке разрыва до трех метров вперед за преграду или назад. Запись исходных данных на взрыватель гранаты проводится контактным способом, с помощью специального контактного кольца.



Все эти комплексы имеют один существенный недостаток — они достаточно дорогие. Самые бережливые представители Западной Европы, а это Финны и Шведы, разработали боеприпас воздушного подрыва Cessna 71 PTHERF Airbus, который использует радиочастотный метод программирования.



Перед вами пульт управления, он, по сути дела, является и передатчиком. На этом пульте выставляется вручную расстояние на котором должна подрываться граната, при отсутствии программирования подрыв гранаты осуществляется контактным способом. Дистанция до цели может определяться любым доступным способом, хоть на глаз. После вылета гранаты из канала ствола и ее активации, происходит запись параметров установки таймера на гранату с использованием радиочастотного метода.



Граната сама по себе достаточно простая, рамочная антенна, взрыватель, ничего в ней сверхъестественного нет. Что положительно, стоимость такой установки многократно дешевле, чем в других системах из американских или немецких установок.

У нас в стране на сегодняшний день разработка боеприпасов с электронными дистанционно программируемыми взрывателями ведутся по всем направлениям.

Напомню, что для программирования таких взрывателей имеется несколько вариантов. Первый — это оптический способ, когда исходные данные записывают на взрыватель с помощью лазера или инфракрасного прожектора.

Второй метод — индукционный, когда на дульном срезе или на линии заряжания производят запись исходных установок.

И третий — это радиочастотный метод. Запись информации производится с использованием рамочной антенны снаряда во взрыватель.

На сегодняшний день мне известно только об одном образце вооружения, принятом уже на вооружение. Речь идет о комплексе «Балчуг».

Этот комплекс является результатом дальнейшей модернизации и логическим развитием известного отечественного автоматического гранатомета АГС-17. Этот гранатомет исполняет лазерную систему программирования. После выстрела, граната активируется, а на расстоянии от 3-х до 5-ти метров, она получает от лазерного программатора серию импульсов. В хвостовой части гранаты имеется оптический приемник, который эти импульсы принимает. А при совпадении двух серий импульсов, информация записывается в память взрывателя и запускается таймер.

В чем, я вижу, недостаток всех существующих отечественных систем малокалиберных снарядов в части их применения для противодействия БЛА?

Мы не пытаемся коренным образом изменять компоновку снарядов. У нас до сих пор взрыватель, как правило, находится в головной части снаряда. А корпус снаряда заполняет ВВ, при этом поражающие элементы образуются фрагментами разорвавшегося корпуса. Взрыватель в головной части — это невозможность использования кинетического эффекта. То есть мы не можем использовать «воронку готовых поражающих элементов», возникающих при подрыве вышибного заряда взрывателя, расположенного в хвостовой части. Примерно так, как это делают на снарядах ANHEAD компании Oerlikon. У нас любой подрыв — это ТОР из разлетающихся под действием взрыва осколков из корпуса снаряда. Но цель находится с одной стороны от снаряда. И при таком формировании осколочного поля, более 90% осколков улетают в сторону от цели. И только 10% могут участвовать в поражении цели. Простые расчеты показывают, что 70% вероятность поражения цели размером с Мавик или FPV-дрон может быть достигнута лишь на удалении не более 0,5 метров от цели.

Уважаемые коллеги! Мы с вами уже рассмотрели и возросшие возможности средств разведки и отметили доминирующий уровень развития средств огневого поражения. Но совершенно очевидно, что для эффективной работы этих систем необходима новая архитектура связи. Средства связи прошли длительный путь развития. Эволюция в области коммуникационных технологий приводит к революции в военном деле.

Еще относительно недавно, единственной применявшейся в армии архитектурой связи являлась иерархическая система связи. При ней структура связи соответствовала организационно-штатной структуре вооруженных сил. Связь осуществлялась в сетях командиров рот, батальонов, полков и т.д., работавших на отдельных выделенных частотах. В каждой сети говорить мог только один абонент, остальные — слушали. Такие сети были достаточно уязвимы и крайне не удобны в работе.

Поэтому с цифровизацией связи, немедленно стал вопрос об использовании маршрутизатора для обеспечения передачи потоков информации между абонентами. Но у маршрутизатора сразу же выявился существенный недостаток — это наличие «бутылочного горлышка» для информации, которым и являлся сам маршрутизатор, а также высокая уязвимость от поражения или выхода из строя по техническим причинам самого маршрутизатора или передатчика работавшего с ним.

Проблема была решена с появлением мобильных ячеистых сетей (MANET). Теперь каждая цифровая радиостанция становилась по сути маршрутизатором, ретранслируя сигналы соседних станций через себя.

Преимуществами такой архитектуры стало:

1. Возросшая устойчивость связи;
2. Отсутствие «бутылочного горлышка» маршрутизатора;
3. Сложность определения противником адресов отправления, назначения и структуры подразделений;
4. Сложность пеленгации (размытость картины).

В качестве недостатков, присущих MANET можно отметить:

1. Значительный рост энергопотребления;
2. Рост трафика;
3. Уязвимость перед кибератаками;
4. Пропускная способность сети MANET определяется (и ограничивается) пропускной возможностью единичного устройства, входящего в сеть.

И наконец, в последнее время возникла сеть с многоточечной ретрансляцией по принципу самого сильного тихого сигнала. Такой тип организации связи позволяет обмениваться информацией на уровне ниже уровня шума. Т.е. передача полезной информации становится незаметной для противника.

Я думаю, что более подробно этот вопрос осветит следующий докладчик.

Я же хотел бы кратко остановиться на взглядах американских специалистов на тактику применения подразделений в будущих конфликтах и возможностях имеющихся сегодня в их распоряжении роботизированных систем.

По представлениям американских военных специалистов в зоне ведения боевых действий выделяются три основные зоны:

1. Зона возможности
2. Зона противостояния
3. Зона риска

Первая зона представляет собой местность с доминирующим размещением дружественных сенсоров, третья – территорию, где доминируют сенсоры противника, а во второй зоне представлены сенсоры обеих сторон и непосредственно осуществляется боевой контакт подразделений.

Ширина полосы наступления бригады армии США должна составлять как правило 6 км. Глубина первой и третьей зоны составляет до 60 км, а глубина зоны противостояния – до 30 км.

Для ведения боевых действий выделяются маневренные силы. Они находятся в зоне противостояния и включают в себя разведывательные подразделения бригады, которые в составе взаимодействующих между собой секций избегая прямого боя с противником, осуществляют воздействие на него путем нанесения дистанционных ударов с использованием БЛА, барражирующих боеприпасов и вызова огня поддерживающей артиллерии и других средств поражения. Их всестороннее обеспечение и связь с вышестоящим штабом осуществляется через отделение управления разведывательного взвода. Всего в разведывательной роте, действующей на фронте бригады может быть до 114 человек на 38 легковых автомобилях. Командный пункт командира разведывательной роты оборудуется в зоне возможностей.

За боевыми порядками маневренных сил располагаются заградительные силы. Они занимают опорные пункты на командных высотах у мостов и иных важных в оперативном плане участках местности. В состав каждого опорного пункта включаются силы пехотных подразделений численностью до роты, БТТ и артиллерия, которая может быть представлена минометами, гаубицами и пушками. Размещение узлов обороны заградительных сил обеспечивает возможность оказания поддержки соседнему опорному пункту огнем и маневром.

За пределами первой зоны, в тылу, на удалении примерно 100 км от ЛБС располагаются силы поддержки. Которые включают подразделения МТО, инженерные силы, подразделения РЭБ, ремонтные силы и медицинские подразделения. Склады различного назначения оборудуются на удалении более 100-150 км от ЛБС.

Предлагаю рассмотреть возможности роботизированных систем, используемых противником.



Основное перспективное транспортное средство л/с взвода роботизированных и автономных систем - автомобиль M1301 IVC

Исполнение 9 или 5 мест

мощность двигателя 308 л.с. бензин

трансмиссия автоматическая, 8 ст.

подвеска: передняя независимая, задняя — мост на рессорах

расход топлива до 14л на 100км

объем топливного бака 80л

дорожный просвет 260мм



Универсальная 8-колесная платформа (в грузовом варианте)

Платформа компании Rheinmetall Mission Master SP оснащена комплексной системой автономности, включающей систему автономной навигации и управления.

Применяется электрический привод, обеспечивающий скрытность движения



Предусматривается возможность установки различных боевых модулей с крупнокалиберными пулеметами, гранатометом.

Используется оптико-электронный комплекс прицеливания с использованием ИИ в варианте автономной работы для выбора и поражения целей.



Малогобаритный универсальный квадрокоптер Skydio X2D

Выполняет полеты без использования GPS, используя сличительный метод навигации.

Влагозащищенность IP55

Температурный диапазон от -20 до +45

Максимальная высота подъема 4500м

Предельная скорость ветра 43 км/час

Время зависания 35 мин

Радиус применения до 12 км



БПЛА вертолетного типа Ghost-X

Программирование автоматического полета по опорным точкам

Дальность применения до 25 км

Время полета до 75 мин

Возможность крепления на внешнюю подвеску до 2-х 80мм или 4-х 60мм мин.



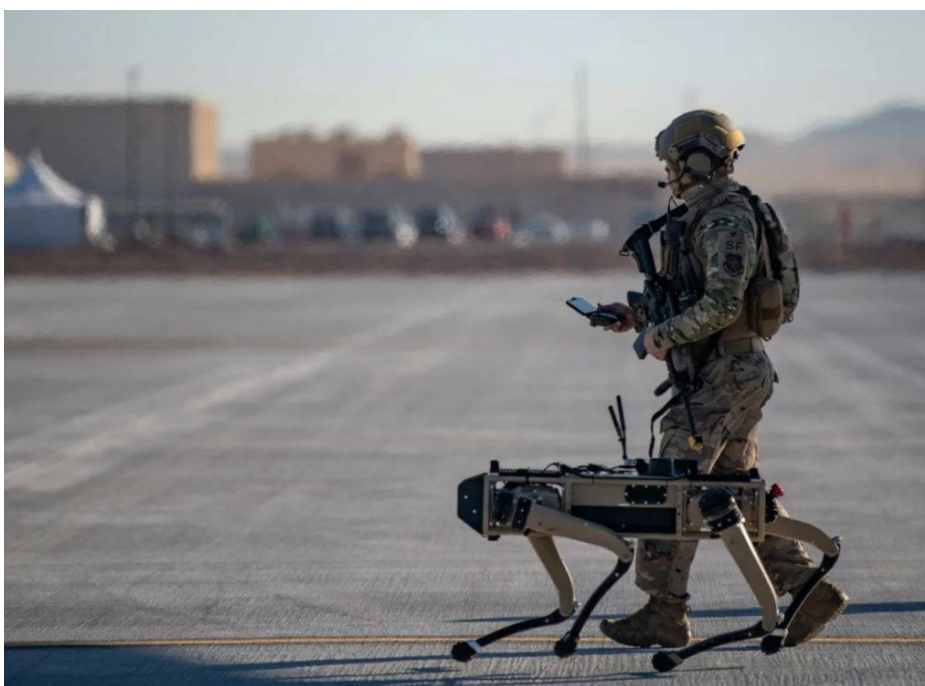
Барражирующий боеприпас Switchblade

Масса: 2,5 кг (Switchblade 300), 24,7 кг (Switchblade 600). 1

Скорость: Switchblade 300 — 101 км/ч (полёт), 160 км/ч (атака), Switchblade 600 — 113 км/ч (полёт), 185 км/ч (атака). 1

Длина: 495 мм (Switchblade 300), 1300 мм (Switchblade 600). 1

Назначение: в зависимости от модификации, атака живой силы, незащищённой техники и бронированных целей.



Робособака Ghost Robotics Vision 60

Программное обеспечение робота позволяет ему в полностью автономном режиме, без привлечения оператора, не только находить, но и распознавать потенциальные цели.

Размеры 85x57 см

Вес 14 кг

Скорость передвижения до 3 м/с

Время работы в режиме ожидания 21 час

Преодолеваемое расстояние до 12 км



Робособака Ghost Robotics Vision 60 с смонтированным на ней легким пулеметом.

Ghost Robotics оснастила своего робопса Vision винтовкой SPUR с эффективной дальностью стрельбы до 1200 метров. Винтовка оснащена тепловизором с 30-кратным оптическим зумом, что позволяет ей видеть в темноте, и корпусом из керамики, чтобы оставаться незамеченной приборами ночного видения.

Подводя итоги своего выступления, я хочу еще раз подчеркнуть, что основными причинами изменения ситуации на поле боя явились: принципиально изменившиеся возможности средств разведки и корректирования огня, доминирующий рост возможностей средств поражения и возросшие возможности новых систем обмена данными. Основную роль при этом играют появившиеся в большом количестве беспилотные системы. Их влияние на со-

временное поле боя нельзя не заметить. Иностранные военные специалисты, отмечая новые угрозы, до сих пор не нашли адекватного способа противодействия им.

Я закончил свое выступление. По традиции предлагаю сначала заслушать все доклады, а затем обсудить их.

Слово предоставляется нашему коллеге из МИФИ. Прошу...

Представитель НИЯУ «МИФИ»

Уважаемые коллеги, добрый день! Тема моего выступления: «Министерство Обороны США: рефлексия проблем в строительстве вооруженных сил».

Однополярный мир рушится и США столкнулись с рядом вызовов.

В своих доктринальных документах противниками США называются – Китай, Россия, Иран, Северная Корея. США по взглядам их военных теоретиков должны быть готовы к большой войне. В большой войне важны не столько запасы вооружения, военной техники, боеприпасов, а способность их производить в достаточном количестве. Следовательно, США требуется мощный ВПК.

Если мы говорим о боевых действиях будущего, то важнейшей задачей становится вопрос строительства вооруженных сил, ведущих эти боевые действия, поэтому мой доклад касается того, как наш вероятный противник определяет текущие проблемы в вопросах строительства своих вооруженных сил и намечает пути их развития.

Тема доклада: Министерство Обороны США: рефлексия проблем в строительстве вооруженных сил.

Нестарый человек, которого вы видите на фото - Шьям Санкар, технический директор IT-компании Palantir Technologies. Какое он может иметь отношение к реформам Министерства Обороны? Самое прямое. В декабре 2024 года он выпустил доклад, в котором вскрывал проблемы текущего Министерства Обороны США.

В первую очередь были сформулированы вызовы, стоящие перед Соединенными Штатами:

1. Противники США – Китай, Россия, Иран, причем Китай, впервые за много десятилетий – РАВНЫЙ противник
2. США должны быть готовы к большой войне
3. В большой войне важны не запасы вооружения, военной техники, боеприпасов, а способность их производить
4. Следовательно, США требуется мощный ВПК

Затем был очерчен круг проблем системы закупок вооружения и военной техники Министерства Обороны - прошу внимания на графики:

1. Свыше 60% Военно-Промышленного Комплекса США контролируется всего 5-ю корпорациями: Lockheed-Martin, Boeing, RTX, Northrop-Grumman, General Dynamics
2. Если до 1990 года большая часть военной продукции производилась большим числом компаний двойного назначения - это, с одной стороны, позволяло Министерству Обороны выбирать поставщиков, с другой - позволяло компаниям-производителям военной продукции в случае предложения Министерством неудовлетворительных условий контрактов отказываться от них - у них большая часть прибыли все равно от коммерческих контрактов.
3. В системе закупок Министерства Обороны США следующие проблемы:

Все закупки осуществляются через Систему Интеграции и Разработки Объединенных Возможностей JCIDS (Joint Capabilities Integration and Development System), превратившуюся в бюрократического монстра.

«...в среднем требуется 852 дня (около 2,5 лет), чтобы JCIDS утвердила совместное требование, прежде чем программа войдет в процесс PPBE (Planning, Programming, Budgeting, and Execution), который занимает еще около 3 лет. В сумме это почти 6 лет ожидания перед тем, как разработка военной технологии получит финансирование и может быть запущена в производство»

В целом эта система характеризуется так:

Неслучившиеся ожидания:

-совместность

-совместимость

- учет интересов конечных пользователей
- инновации, ориентированные на будущее
- стратегическая согласованность

Реальные недостатки:

- замедление прогресса
- превращение бюрократии в инструмент борьбы
- централизация контроля, распределение ответственности
- подмена понимания процессом
- спецификации сверх необходимости
- предпочтение соблюдению графика перед адаптивностью

И, как резюме проблемы:

Сращивание ВПК и администрации МО США привело к появлению индустриально-бюрократического монстра, способного эффективно делать только одно: делить бюджет

Для решения озвученных проблем Санкар предложил так называемые "18 тезисов", кратко описывающие, что необходимо делать:

1. Убрать монополию внутри Министерства обороны
2. Минимизация формирования цены по принципу «Затраты+»
3. Переход на гибкое и быстрое финансирование внутри программ позволит упреждать противника
4. Инвестировать в таланты и уйти от ротации ради ротации
5. Можно пожертвовать эффективностью ради результативности
6. Создание конкуренции правительственных программ через пересекающиеся цели
7. Перестройка организационной структуры вокруг проблемы
8. Дать бюджеты эксплуатантам

9. Национальная безопасность определяется экономическим процветанием
10. Крупным компаниям нужны филиалы для доказательства конкурентоспособности
11. Риски за неудачу переложить на компании, а не налогоплательщиков
12. Программы для малого бизнеса должны создавать рыночный капитал
13. Министерство обороны не конкурирует с промышленностью
14. Производительность ценнее запасов оружия
15. Прекратить полагаться на одного поставщика инноваций
16. Верховенство права и работа по коммерческим контрактам
17. Создание прозрачного процесса для работы промышленной базы
18. Бойцы должны быть вооружены программным обеспечением

Надо четко понимать, что Санкар выражает не свою личную точку зрения, и даже не точку зрения компании Palantir Technologies. Это точка зрения так называемых "молодых волков американской оборонки" - группы компаний, которые хотят получить доступ к американскому военному бюджету - а это сотни миллиардов долларов ежегодно - что означает подвинуть перечисленные выше старые ВПК-шные корпорации. Для обоснования своих стремлений они утверждают, что могут делать все вдвое дешевле и втрое быстрее старых корпораций - и имеют для этого некоторые основания.

В числе этих молодых волков, помимо компании Palantir - основана в 2003 году, занимается в основном анализом больших данных - можно назвать ИТ-компанию OpenAI - основана в 2015, занимается искусственным интеллектом, занимающиеся автономными системами компании Anduril Industries, Shield AI и Kratos Defense & Security Solutions - 2017, 2015 и 1994 год, соответственно - и Epirus - разработчик и производитель систем направленной энергии - 2018 год. Список, понятно, далеко не полон. Они объединены стремлением получить доступ к военному бюджету, разделяют некоторую общность в подходах - и далеко небезуспешны в своих действиях.

Так, летом этого года они сумели отправить под нож священную корову - систему закупок вооружения и военной техники, добились отмены Системы Интеграции и Разработки Объединенных Возможностей и участвуют в раз-

работке новой системы закупки вооружений, призванных сократить срок внедрения инноваций до месяцев, а в перспективе - до недель.

Следующий слайд. На нем мы видим людей, приносящих присягу в качестве военнослужащих Армии США. Один из них - тот самый Шьям Санкар, напоминаю - технический директор компании Palantir Technologies, еще двое - топ-менеджеры компании OpenAI. После присяги им были присвоены звания подполковников и они стали руководителями так называемого Отряда 201 - специально сформированного подразделения Резерва Армии США, задачей которого является: «...внедрение быстрых и масштабируемых технологических решений сложных проблем, которые позволят сделать вооруженные силы более компактными, умными и смертоносными».

Хочу обратить внимание - проблемы вооруженных сил США характерны отнюдь не только для США, и их опыт решения этих проблем, даже если непереносим на нашу почву напрямую, заслуживает самого пристального внимания. В целом, они выделяют следующие основные принципы, которых собираются придерживаться в дальнейшем реформировании Министерства Обороны:

1. Ориентация на результат, а не на процедуру
2. Отсутствие монополии поставщиков
3. Конкуренция программ внутри Министерства Обороны
4. Быстрота всех процессов
5. Гибкое финансирование
6. Открытый обмен информацией
7. Интеграция с гражданским сектором
8. Инвестиции в кадры

Уверен, их опыт пригодится и нам. Спасибо за внимание!

Представитель НИУ «МЭИ»

Слово предоставляется представителю МЭИ

Представитель НИУ «МЭИ»

Добрый день, коллеги!

Современные военные системы радиосвязи переживают стремительные изменения под влиянием новых технологий. Я предлагаю вам рассмотреть важные тенденции, формирующие облик военной радиосвязи до 2035 года, с акцентом на разработки США и НАТО в целом. Это операции в электромагнитном спектре, концепция «сети сетей» для многодоменных операций, интеграция спутниковых и 5G-сетей, открытые стандарты типа OpenRAN и SDR, самоорганизующиеся mesh-сети и MANET, применение БЛА-ретрансляторов, дальнейшее развитие КВ и тропосферной связи, а также прогресс в электронной компонентной базе – освоение миллиметровых диапазонов V/E, разработка высокоскоростных АЦП/ЦАП, цифровых АФАР и чипов RFSoc. Рассмотрим эти технологии в контексте их роли на современном и будущем поле боя.

В современном конфликте контроль над электромагнитным спектром (ЭМС) стал очень важен. Широкое распространение средств радиосвязи и РЭБ создаёт для вооружённых сил перегруженную помехами среду. Для успешных операций требуется обеспечить свободу манёвра в ЭМС даже в условиях активного противодействия противника. Пентагон разработал стратегию Electromagnetic Spectrum Operations (EMSO), нацеленную на то, чтобы дать военнослужащим возможность действовать в перегруженной среде, не теряя связи. Эта стратегия напрямую связана с концепцией многодоменных операций (Multi-Domain Operations, MDO), где боевые действия координируются одновременно на суше, на море, в воздухе, космосе и киберпространстве.

Для реализации MDO необходима интегрированная «сеть сетей» – единая коммуникационная инфраструктура, объединяющая разнородные сети разных видов войск. В США развивается концепция JADC2 (Joint All-Domain Command and Control, объединенное комбинированное управление и контроль) для ведения войны будущего. JADC2 предполагает объединение каждого носителя оружия в единую информационную систему. Разнородные системы связи (тактические радиосети, спутниковые каналы, линии передачи данных различных родов войск) должны быть связаны воедино. Концепция JADC2 сильно зависит от надежного доступа к электромагнитному спектру. Управление радиочастотным спектром и противодействие радиоэлектронным угрозам (подавление и кибератаки на сети) стали стратегической задачей, поэтому страны НАТО инвестируют в адаптивные и помехоустойчивые технологии связи, например в 5G, когнитивное радио с ди-

намическим распределением частот, интеграцию систем РЭБ со связью, чтобы связь оставалась устойчивой даже под атакой.

Новые коммерческие коммуникационные системы связи открывают военным беспрецедентные возможности. Яркий пример – спутниковая группировка Starlink (SpaceX) с тысячами низкоорбитальных спутников. В 2022 году на Украине было показано, как быстро такие системы могут усилить военную связь, мгновенно улучшив способности военного командования и управления за счёт высокоскоростного спутникового интернета. Низкоорбитальные системы типа Starlink обеспечивают широкополосную связь с малыми задержками и относительную устойчивость к попыткам радиоподавления. В НАТО активно изучают опыт и возможности использования коммерческих спутниковых сетей для военных нужд, параллельно разрабатывая защищённые аналоги (например, программа SpaceX Starshield для Пентагона). Одновременно развивается направление интеграции спутниковой связи с наземными сотовыми сетями в рамках концепции 5G NTN (Non-Terrestrial Networks). Стандарты 5G уже включают поддержку спутниковых сетей, позволяя обычным 5G-терминалам подключаться через космические ретрансляторы. Проще говоря, в перспективе военный терминал радиосвязи сможет работать в единой сети, автоматически переключаясь между наземной сотой и спутником 5G. Такие космические сотовые сети объединяют преимущества спутников (глобальность покрытия) и 5G (высокая скорость), создавая бесшовную связь в любом месте планеты.

Благодаря 5G можно создавать частные сотовые сети на военных полигонах, базах и даже на поле боя. Преимущества 5G: высокая пропускная способность, малые задержки, возможность подключения огромного числа устройств (IoT), гибкое разделение ресурсов между разными абонентами. Важной чертой 5G является программно-конфигурируемая архитектура, позволяющая внедрять шифрование и другие средства безопасности, необходимые военным. В НАТО считают важным не отстать в развитии 5G. Закрытые, частные 5G-сети постепенно становятся важным в модернизации военной связи в ближайшее десятилетие. В идеале глобальная сеть из военных 5G-узлов позволит США и союзникам иметь единую среду передачи данных с высокой скоростью и низкой задержкой как основу для многодоменных операций.

Для интеграции разных средств связи вооружённым силам нужны открытые стандарты и надежное программное обеспечение. Традиционно военные сети состояли из закрытых, несовместимых между собой решений от разных

производителей. Теперь идёт курс на открытые системы. В коммерческой отрасли оформился стандарт OpenRAN (Open Radio Access Network), который описывает открытые интерфейсы взаимодействия оборудования от разных поставщиков. Изначально OpenRAN развивалось операторами связи для гражданских 5G, но идею подхватил и Пентагон. Основная цель заключается в построения модульных, программно-определяемых сетей связи, в которых новые функции вводятся обновлением ПО, а не заменой всей радиоэлектронной аппаратуры.

В военном применении OpenRAN принесет несколько преимуществ. Во-первых, возможность совместить на поле боя разные узлы связи – от солдатских радиостанций до узлов 5G. Во-вторых, экономичность и быстрота модернизации. Используя коммерческие стандарты и широкий выбор поставщиков, военные снижают стоимость развертывания и модернизации сетей связи. Пентагон развернул экспериментальную сеть OpenRAN на одной из своих баз BBC в 2023 году для проверки в военных задачах. OpenRAN также тесно связан с технологиями виртуализации сетевых функций (NFV) и программно-конфигурируемых сетей (SDN), которые позволяют военным автоматически перенастраивать сети связи при повреждениях или угрозах кибератаки.

Неотъемлемой частью OpenRAN являются SDR (Software-Defined Radio, программно-определяемые радиосредства). Принцип SDR сейчас заложен практически во все новые военные радиостанции. Вместо жёстко заданных «железом» функций SDR-устройство представляет собой универсальный цифровой приёмопередатчик, который может работать на разных частотах и по разным протоколам, просто загрузив нужное программное обеспечение. Например, американская программа JTRS (Joint Tactical Radio System) фактически задала стандарт на военный SDR ещё в 2000-х, и теперь современные радиостанции AN/PRC-148, PRC-152, Falcon от L3Harris умеют поддерживать несколько протоколов, от узкополосной голосовой УКВ-связи до широкополосной тактической MANET. Тренд на универсализацию радиоаппаратуры продолжается. Современные армии хотят, чтобы одна SDR могла обеспечить и связь пехотинца, и ретрансляцию видео с БЛА, и подключение к спутнику при необходимости. Это достигается за счёт ПО и всё более широкополосной элементной базы. Кроме того, SDR облегчает внедрение новых алгоритмов шифрования и противодействия помехам, вплоть до когнитивного радио. Под когнитивным радио понимают систему, которая в реальном времени анализирует эфир (например, уровни сигнала, помех, наличие радиопротиводействия) и самостоятельно выбирает опти-

мальные частоты и параметры для связи. Элементы ИИ и машинного обучения в управлении радиосетями уже появляются. В перспективе при массированном применении РЭБ со стороны высокотехнологичного противника сети связи на поле боя будут полностью самоорганизующиеся и адаптивные, с минимальным участием человека.

Традиционные схемы военной связи (иерархические сети с фиксированными каналами и узлами-ретрансляторами) уязвимы в динамичном бою. Выведение из строя одного узла могло нарушить связь целого подразделения. Поэтому одна из важнейших тенденций заключается в переходе к самоорганизующимся многоузловым сетям (Mesh Network), в частности подвижным ad hoc сетям MANET (Mobile Ad Hoc Network). В такой сети каждый узел (радиостанция бойца, боевой машины, БЛА и т.д.) одновременно является и передатчиком, и маршрутизатором, ретранслирующим данные соседям. Топология постоянно перестраивается по мере перемещения или выпадения отдельных узлов, а данные находят путь до адресата через доступные промежуточные узлы. Нет единой точки отказа, децентрализованная сеть MANET чрезвычайно живучая и надёжная. Если один маршрут нарушен, автоматически находится другой. Если один узел выходит из строя, сеть обойдется без него. Для военных применений это идеальный подход, позволяющий на ходу развернуть связь без всякой инфраструктуры. Не нужно заранее возводить вышки, прокладывать кабели или настраивать стационарные ретрансляторы. Экономится время, уменьшается уязвимость, сети ad hoc развертываются за считанные минуты там, где необходимо, и так же быстро могут переключиться на резервные каналы.

Уже сегодня в НАТО широко применяют сети MANET. Существует ряд широкополосных тактических протоколов, специально созданных под mesh-сети. Например, американский TSM (TrellisWare SwiftNet MANET) или израильский WNW. Радиостанции с такими режимами используются пехотой и подразделениями БЛА. Коммерческие фирмы (Silvus Technologies, Doodle Labs и др.) предлагают mesh-радио для тактических групп, которые могут объединять сотни узлов. Согласно открытым данным, современные MANET-протоколы способны адаптивно менять маршруты за миллисекунды, обеспечивая передачу голоса, данных и даже видео, а отдельные узлы весят менее килограмма. Пропускная способность таких сетей на коротких дистанциях достигает десятков Мбит/с, хотя с увеличением числа промежуточных узлов снижается. Кроме того, узлы могут увеличивать мощность или переключаться на другую частоту, если текущий радиоканал глушится.

Важно, что в mesh-сети могут входить разнородные узлы: носимые радиостанции солдат, станции на бронетехнике, вертолётах, дронах, кораблях и т.д. В бою такой подход повышает ситуационную осведомлённость, так как информация распространяется по всей сети до каждого бойца без единого «центра». НАТО проводит эксперименты с MANET-сетями между союзниками, чтобы обеспечить связь без необходимости использования инфраструктуры страны пребывания.

Сети ad hoc также позволяют реализовать роевое взаимодействие, когда рой дронов обменивается данными между собой через MANET, координируя действия без единого командного центра.

Применение беспилотных летательных аппаратов в качестве узлов связи является ещё одним заметным трендом. БЛА-ретрансляторы выступают в роли «вышек в небе», поднимая антенны на высоту сотен и тысяч метров для расширения зоны охвата сети. В США уже более десяти лет эксплуатируется система BACN (Battlefield Airborne Communications Node) в виде воздушного узла связи на базе беспилотников Global Hawk и самолётов E-11A. BACN функционирует как шлюз и ретранслятор, позволяя в режиме реального времени передавать данные между разрозненными системами связи, сопрягая их протоколы. Летая на высоте порядка 12–18 км, BACN также решает проблему связи через горы или за радиогоризонтом. Опыт применения BACN показал огромную ценность таких узлов для сетевой войны, так как разные рода войск видят единую картину боя.

С развитием технологий появляются и более компактные решения. Войска связи для быстрого развертывания связи на уровне «батальон-рота» используют малые тактические дроны (квадрокоптеры) и аэростаты. Например, привязные дроны могут часами висеть на высоте 100–200 м, питаясь от наземного источника по кабелю, и действовать как ретранслятор. В сравнении с аэростатами или стационарными вышками, дрон более мобилен и менее уязвим, его можно автоматически посадить при угрозе погодных условий или обстрела, а затем вновь поднять. В НАТО рассматривают сценарии применения таких средств для связи разбросанных небольших подразделений в конфликте с противником, который может целенаправленно выводить из строя наземную инфраструктуру и спутники широкополосного интернета. Локальные воздушные ретрансляторы являются резервом на случай потери глобальной связи. Даже малые разведывательные БЛА уже оснащаются узлами mesh-сети, чтобы действовать как узел передачи данных, расширяя покрытие сети вглубь вражеской территории. Ожидается, что к 2035 го-

ду такие решения будут интегрированы от уровня взвода (дроны-ретрансляторы для пехоты) до уровня фронта (высотные псевдоспутники HAPS или БЛА для замены спутников связи на время конфликта).

Интересно, что на фоне внедрения высоких технологий, старые методы связи тоже получают новую жизнь, претерпевая модернизацию. В частности, это относится к коротковолновой (КВ) связи и тропосферной связи. Эти технологии были немного оттеснены спутниками в конце XX века, но современная парадигма конфликта с равным противником заставляет иметь альтернативные каналы на случай вывода из строя спутниковой группировки или сетей общего пользования.

Короткие волны (HF, 3–30 МГц) уникальны своей способностью распространяться на тысячи километров за счёт отражения от ионосферы. В эпоху спутников к ним относились как к устаревшим из-за низкой скорости (в основном для голосовой связи), громоздкость оборудования. Однако технологический прогресс привёл к тому, что КВ-связь переживает возрождение с существенно улучшенными возможностями. Современные КВ-станции стали цифровыми и широкополосными. Если раньше типичная КВ-радиостанция была громоздким ящиком, то сейчас существуют ранцевые КВ-модемы весом 4–5 кг, способные автоматически перестраивать частоты и передавать данные на сотни километров. В армии США принята на вооружение носимая КВ-радиостанция AN/PRC-160, удовлетворяющая современным стандартам шифрования и обеспечивающая совместимость с союзниками по НАТО. Благодаря аппаратным улучшениям, КВ-связь теперь рассматривается как резервный и дополняющий канал военных сетей на случай, если спутники будут заглушены или уничтожены. Современные военные протоколы позволяют по КВ не только передавать голос, но и текстовые данные, файлы, пусть с небольшой скоростью (десятки кбит/с). Но даже такой скорости достаточно для выдачи приказа, передачи координат или короткого сообщения, которое может оказаться жизненно важным, когда другие каналы нарушены. Можно сказать, что КВ-связь стала «сетью последнего шанса», медленной, но живучей, независимой от инфраструктуры и космоса.

Тропосферная связь является ещё одним старым методом, получающим развитие. Принцип тропосферной линии состоит в том, чтобы направлять за горизонт мощный радиосигнал, который на расстоянии 50–300 км частично рассеивается в нижних слоях атмосферы (тропосфере) и принимается другой станцией. В годы холодной войны такие линии обеспечивали связью

удалённые пункты без спутников. Главное преимущество тропосферного канала заключается в том, что он невидим для противника в космосе и практически не подвержен радиоподавлению. В условиях, когда противник может глушить спутники или сбивать их, тропосферная связь становится важным резервом для обеспечения связи на оперативно-тактическом уровне.

Сейчас тропосферные станции переживают новый виток модернизации. Например, передовая американская станция тропосферной связи AN/TRC-244 от Raytheon использует современные методы модуляции и кодирования, мощные усилители и высокочувствительные приемники. Сейчас армия США испытывает новые тропосферные станции, добиваясь скоростей порядка нескольких десятков Мбит/с на дистанции 100 км. НАТО также изучает потенциал таких систем для связи между штабами и войсками в случае, если спутниковый канал будет ненадёжен.

В итоге к 2035 году можно ожидать появление гибридной сети связи, где приоритетные данные идут через спутники, а параллельно важные каналы дублируются через тропосферу и КВ для повышения живучести сети. Таким образом, будет создан ответ на потенциальную войну в космосе, где противник будет стараться лишить войска связи, уничтожая или глуша орбитальные средства.

Все перечисленные тенденции стали возможны благодаря достижению нового уровня технологий аппаратного обеспечения. Военная радиосвязь активно перенимает наработки коммерческих отраслей и требует собственных специализированных решений. Рассмотрим некоторые направления аппаратного прогресса.

Постепенно идет освоение миллиметровых волн (mmWave) в V- и E-диапазонах частот. Эти диапазоны охватывают частоты 40–90 ГГц и ранее почти не использовались в связи, кроме как в радиорелейных линиях и экспериментальных сетях. В гражданском секторе mmWave используются в 5G для сверхскоростной передачи данных на малые расстояния. Военные заинтересованы в mmWave для секретных широкополосных линий связи. На столь высоких частотах сигналы распространяются узким направленным лучом, что затрудняет их обнаружение и перехват противником. Кроме того, ширина доступных полос частот там гигантская, позволяющая передавать гигабитные потоки данных (например, поток видео высокого разрешения с БЛА или обмен объёмными разведданными). НАТО экспериментирует с линиями связи между летательными аппаратами в диапазоне 60–70

ГГц, передавая данные со скоростью несколько Гбит/с на расстоянии 200 км при узконаправленных антеннах.

Естественно, работа на таких частотах предъявляет высокие требования к компонентам. Сейчас активно используются полупроводники GaAs и GaN для проектирования усилителей, смесителей и элементов управления фазированных антенных решеток для формирования узких диаграмм направленности. Освоение V/E-диапазона также ведёт к появлению радиолиний «точка-точка» между спутниками. Например, ВВС США тестируют межспутниковый канал в V-диапазоне для передачи разведданных с крайне низкой задержкой. Ожидается, что к 2030-м годам и наземные, и воздушные системы связи будут уверенно работать вплоть до десятков ГГц, а возможно и выше. Для тактической сверхскоростной связи на сотни метров начнут использовать субтерагерцовый диапазон (>100 ГГц).

Важнейший технологический прорыв последних лет – появление аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и цифро-аналоговых (ЦАП) со сверхвысокой частотой дискретизации (десятки гигасемплов в секунду), высокой разрядностью и линейностью. Это позволяет перейти к технологии Direct RF, когда радиосигнал преобразуется в цифру (или обратно) напрямую на несущей частоте, без каскадов преобразования частоты. Ещё недавно АЦП с такой скоростью были фантастикой, но уже существуют чипы, способные напрямую оцифровать сигнал шириной в несколько десятков ГГц. Например, компания Analog Devices в 2023 г. анонсировала семейство Apollo MxFE, включающее АЦП 20 гигасемплов в секунду (12 бит) и ЦАП 28 гигасемплов в секунду (16 бит). А стартап Jariet создал чип с двумя АЦП и двумя ЦАП по 64 гигасемпа в секунду (10 бит). Практически это значит, что теперь цифровая обработка сигналов может применяться на микроволновых и частично миллиметровых частотах. На практике АЦП 64 гигасемпа в секунду способен захватить сразу весь К-диапазон (до 30 ГГц).

Устраняя каскады частотных преобразований, прямая оцифровка упрощает радиотракт, уменьшая число аналоговых модулей (гетеродинов, фильтров, смесителей), сокращая размер, вес и энергопотребление радиоэлектронной аппаратуры. Такая электроника уже может размещаться непосредственно на полотне антенны. Например, в активной фазированной антенной решётке каждый элемент содержит чип трансивера, а за антенной находится несколько ПЛИС, которые обрабатывают оцифрованные сигналы со всех элементов. Чем меньше промежуточных цепей, тем выше устойчивость к сбросам параметров, температуре.

Перечисленные достижения приведут к революции в военной радиосвязи, радиолокации, радиоэлектронной разведке и борьбе. Появляется возможность создавать полностью цифровые активные фазированные антенные решётки (ЦАФАР), где каждый из десятков или сотен элементов имеет свой миниатюрный приёмопередатчик с АЦП/ЦАП и ПЛИС. Управляя всеми элементами через высокоскоростные интерфейсы типа JESD204, можно добиться идеальной синхронизации элементов, одновременного формирования множества узких лучей. Уже сейчас военные РЛС и спутниковые станции начинают переход на концепцию Digital Beamforming (цифрового формирования луча). Например, американские спутники связи нового поколения будут иметь ЦАФАР на борту для электронного управления лучами и противодействия помехам. На тактическом уровне цифровые антенные решетки могут применяться в портативных станциях для быстрой перестройки диаграммы направленности, позволяя солдатской радиостанции автоматически наводить узкий луч на ближайший узел mesh-сети, снижая демаскирующее излучение и уязвимость к помехам.

Интегрированные радиочастотные системы на кристалле RFSoc стали логичным шагом по интеграции разных компонентов радиоэлектронного тракта в единый чип. Компания Xilinx (ныне AMD) выпустила серию чипов Zynq UltraScale+ RFSoc, которые по сути являются ПЛИС со встроенными высокоскоростными АЦП и ЦАП. Позволяет на одном кристалле иметь и цифро-аналоговые интерфейсы, мощную программируемую логику и процессорные ядра. Для военных радиосистем RFSoc является перспективной технологией. Например, ведутся работы по созданию универсальной радиостанции на RFSoc, которое поддерживало бы все нужные диапазоны и протоколы на одном чипе. Также RFSoc рассматривается для радиолокаторов и станций РЭР, где нужна многоканальная цифровая обработка сигналов в реальном времени. Новое поколение SoC Versal AI от AMD продолжает эту линию, предлагая комбинацию программируемой логики, процессоров и ИИ-ускорителей. Всё это говорит о том, что к началу 2030-х большая часть радиочастотной обработки в военной связи переместится в цифру. Аналоговые устройства (фильтры, усилители мощности, антенны) по-прежнему останутся и будут также совершенствоваться благодаря новым полупроводникам и СВЧ компонентам.

Обобщая технологические тенденции, можно сказать, что военная радиосвязь идёт по пути повышения универсальности и устойчивости к противодействию. Сети становятся едиными для всех доменов, связывая сенсоры, оружие и командование в реальном времени. Для достижения этой цели ис-

пользуются как новейшие коммерческие технологии (5G), так и специализированные военные разработки (MANET). К 2035 году вероятный облик связи НАТО/США – это многоуровневая сеть, где информация идет к адресату по десяткам маршрутов через наземные mesh-сети, воздушные ретрансляторы, спутники на различных орбитах, тропосферные каналы. Стандартизация и развитие электронной компонентной базы могут дать военным НАТО практически неограниченную полосу пропускания радиоканалов для передачи данных на поле боя и возможность автоматически адаптировать радиосвязь к любой радиоэлектронной обстановке. Перечисленные выше тенденции могут обеспечить решающее преимущество войск США и НАТО в конфликтах будущего.

Представитель НИУ «МЭИ»

На этом наш семинар заканчивается. Всем спасибо за участие.