

УДК 007.52

Робототехнические комплексы военного назначения – современное состояние и перспективы развития

Макаренко С. И.

Актуальность. Ведущие технологически развитые страны (в том числе США, Россия, Великобритания, Франция, Китай, Израиль, Южная Корея), активно разрабатывают робототехнические комплексы, способные с высокой степенью автономности вести боевые действия без участия человека. Так, в Вооруженных силах США планируется, что к 2030 г. доля беспилотных и безэкипажных средств составит 30% от общего состава боевых машин. По оценкам американских военных специалистов, боевые возможности подразделений оснащенными робототехническими комплексами возрастут в 2-2,5 раза. При этом можно констатировать, что их широкое применение приведет к коренному пересмотру основных принципов ведения войны, с учетом не только военно-технических ее аспектов, но и с учетом ее социально-психологических факторов. В связи с этим, актуальным является анализ современного состояния и перспектив развития робототехнических комплексов военного назначения. **Целью работы** является анализ современного состояния и перспектив развития робототехнических комплексов военного назначения, а также выявление общих и частных закономерностей их развития. Особое внимание уделено робототехническим комплексам на основе: беспилотных летательных аппаратов, наземных дистанционно-управляемых машин, надводных и подводных необитаемых аппаратов. **Новизна.** Элементом новизны работы является выявленные общие тенденции развития робототехнических комплексов военного назначения. Также к элементам новизны, стоит отнести выявленные частные тенденции развития этих комплексов с учетом специфики их применения для решения боевых задач в воздушной, наземной и морской (надводной и подводной) сферах. **Практическая значимость.** Представленный анализ может быть использован техническими специалистами для обоснования новых технологических решений в области робототехники, а также военными специалистами – для обоснования новых форм и способов вооруженной борьбы с учетом перспектив развития робототехнических комплексов военного назначения. Кроме того, данный анализ будет полезен научным работникам и соискателям, ведущим научные исследования для прикладного обоснования целесообразности предлагаемых ими улучшений военно-технических систем, за счет использования робототехнических средств.

Ключевые слова: робот, робототехнический комплекс, БПЛА, дистанционно-управляемая машина, необитаемый подводный аппарат.

Актуальность

Анализ опыта военных конфликтов, имевших место на рубеже XX-XXI веков, показывает, что современные боевые действия, ведущиеся в соответствии с концепцией сетецентрической войны, характеризуются следующими основными особенностями: возрастание роли информационного противоборства, использование нетрадиционных форм ведения боевых действий, повышение точности и избирательности действия оружия, внедрение новых систем управления, разведки, компьютерного моделирования. Исходя из этих особенностей общими технологическими тенденциями развития вооружения является: интеллектуализация, миниатюризация, снижение энергопотребления, многофункциональность, автономность, снижение веса и удобство снабжения [1].

В соответствии с взглядами отечественных и зарубежных специалистов в боевых действиях будущего одними из наиболее перспективных видов

вооружения и военной техники, интегрирующими большинство из перечисленных направлений, будут робототехнические комплексы военного назначения. При этом ряд специалистов предполагает, что широкомасштабное внедрение роботов и технологий робототехники изменит способы ведения операций и технический облик перспективных систем ВВТ, повысит эффективность их применения, а также обеспечит сокращение потерь личного состава [1].

Планируется, что к 2030 г. доля безэкипажных средств составит 52% от количества экипажных боевых машин и 30% от общего состава боевых машин. При этом, по оценкам американских военных специалистов, боевые возможности подразделений нового типа возрастут в 2-2,5 раза [1].

Текущие и перспективные задачи, решаемые военными роботами в различных сферах и в интересах всех видов ВС (на примере ВС США), представлены на рис. 1 по данным работы [1].

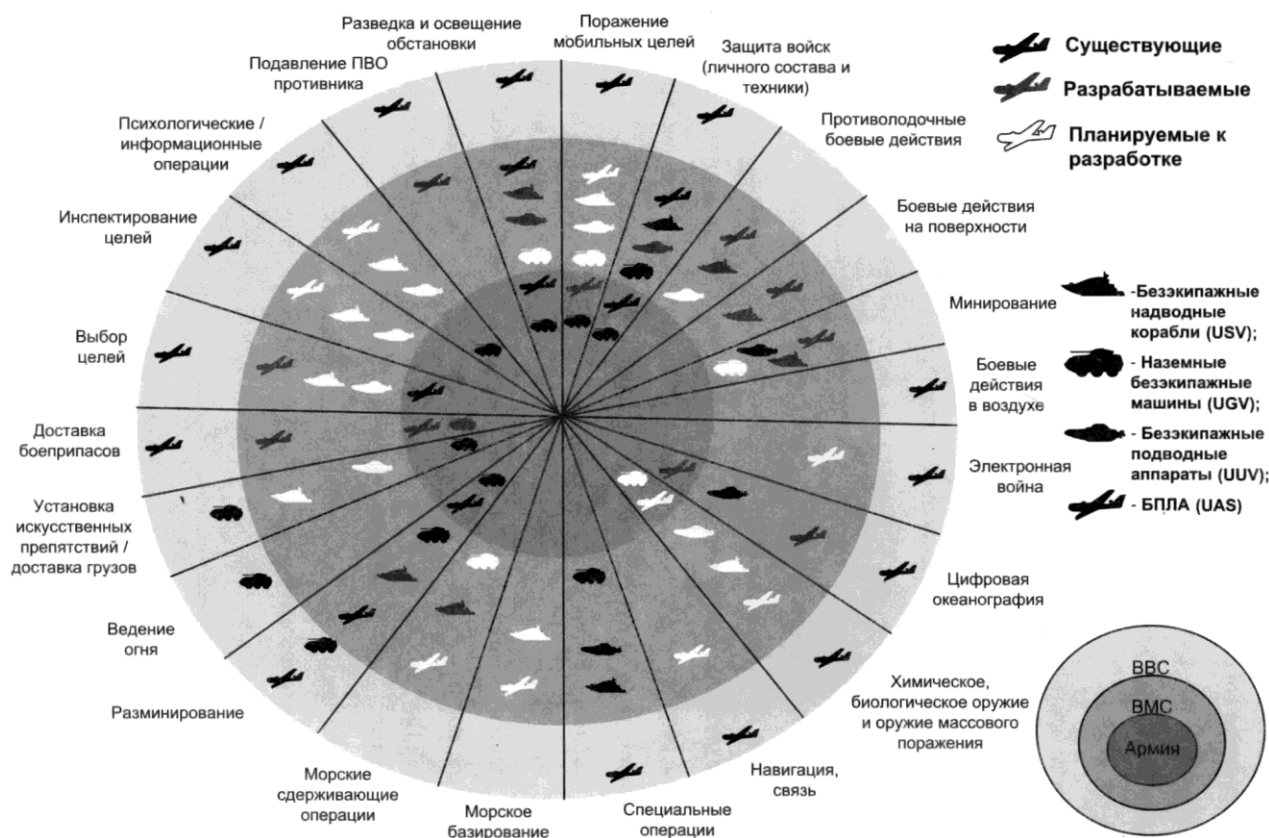


Рис. 1. Текущие и перспективные задачи, решаемые военными роботами в различных сферах и в интересах всех видов ВС США [1].

1 Тенденции развития робототехнических комплексов военного назначения

Создание робототехнических комплексов военного назначения требует существенной проработки ядра 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. В частности [2]:

1. базовый носитель – это могут быть шасси или корпус любой конфигурации, предназначенные для применения в различных средах;
2. специализированное навесное (встраиваемое) оборудование в виде набора съемных модулей полезной (целевой) нагрузки;
3. 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 [2]:

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

Помимо этого, робототехника требует обеспечения и обслуживания, то есть в состав комплекса дополнительно включаются [2]:

- диспетчерский пункт управления, контроля и обработки информации;
- средства доставки, транспортировки и запуска;
- средства снаряжения, заправки и зарядки;
- средства подготовки специалистов;
- комплект руководящих документов;
- комплект ЗИП.

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 [1].

К основным могут быть отнесены следующие технологии [1]:

- систем очувствления и обработки сенсорной информации, оценки ситуации и планирования поведения;
- автоматического наведения и управления оружием;
- дистанционного и автономного управления движением;
- автоматического распознавания образов (целей), анализа ситуаций и динамических сцен;
- искусственного интеллекта и обучения;
- человеко-машинного интерфейса;
- интеллектуальных систем группового управления.

К числу вспомогательных можно отнести технологии [1]:

- автоматизированного управления;
- создания и функционирования новых перспективных конструкций;

- энергетики;
- создания и применения новых материалов и веществ;
- геоинформационные и точного глобального позиционирования;
- создания перспективных систем датчиков и их элементов;
- создания оптических и оптико-электронных средств.

Обладание такими технологиями – залог успеха в обеспечении необходимой степени автономности и интеллектуальности БПЛА, наземных робототехнических средств и автономных морских аппаратов.

Используя предложенную сотрудниками Оксфордского университета наглядную классификацию, можно систематизировать «способности» роботов по четырем поколениям [3]:

- «уровень ящерицы» – соответствует быстрдействию процессоров универсальных роботов первого поколения которое составляет от 3000 до 1 млн. команд в секунду (MIPS). Основное назначение таких роботов – получения и выполнения только одной задачи, которая программируется заранее;
- «уровень мыши» – роботы второго поколения, которые могут реализовывать адаптивное поведение, то есть обучение непосредственно в процессе выполнения заданий;
- «уровень обезьяны» – роботы третьего поколения, которые строятся на основе процессоров от 10 млн. MIPS. Особенность таких роботов в том, что для получения задания и обучения требуется только показ или объяснение;
- «уровень человека» – четвертое поколение роботов, которое должно будет способно мыслить и принимать самостоятельные решения.

В работе [4] представлена классификация боевых роботов по степени их зависимости, или точнее независимости, от человека (оператора):

- роботы 1-го поколения – это устройства с программным и дистанционным управлением способные функционировать только в организованной среде;
- роботы 2-го поколения – адаптивные, имеющие синтетические органы «чувств» и способные функционировать в заранее неизвестных условиях, и приспосабливаться к изменениям обстановки;
- роботы 3-го поколения – интеллектуальные, имеют систему управления с элементами искусственного интеллекта (созданы пока лишь в виде лабораторных макетов).

Западные же специалисты делят роботов на три категории [4]:

- «человек-в-системе-управления» (human-in-the-loop) – к этой категории отнесены беспилотные машины способные самостоятельно обнаруживать цели и осуществлять их селекцию, однако решение об их уничтожении принимает только человек-оператор;
- «человек-над-системой-управления» (human-on-the-loop) – к этой категории относятся системы, способные самостоятельно обнаруживать и выбирать цели, а также принимать решения на их уничтожение, но человек-оператор, выполняющий роль наблюдателя,

в любой момент может вмешаться и скорректировать или заблокировать данное решение;

- «человек-вне-системы-управления» (human-out-of-the-loop) – к этой категории отнесены роботы способные обнаруживать, выбирать и уничтожать цели самостоятельно без человеческого вмешательства.

Сегодня наиболее распространены боевые роботы первого поколения (управляемые устройства) и быстро совершенствуются системы второго поколения (полуавтономные устройства). Для перехода к использованию боевых роботов третьего поколения (автономных устройств) специалисты разрабатывают самообучающуюся систему с искусственным интеллектом, в которой будут соединены возможности самых передовых технологий в области навигации, визуального распознавания объектов, искусственного интеллекта, вооружения, независимых источников питания, маскировки и др. Такие боевые системы будут значительно опережать человека в скорости распознавания окружающей среды (в любой сфере), а также в скорости и точности реагирования на изменения обстановки [4, 5].

Нынешнее состояние микроэлектроники развитых стран уже позволяет применять робототехнические средства для выполнения полноценных задач с минимальным участием человека. Однако конечной целью является полная замена человека на его виртуальную копию с такими же возможностями по скорости принятия решения, объемом памяти и адекватным алгоритмом действий [3].

Системы на основе искусственных нейронных сетей уже научились распознавать отдельные объекты. По прогнозам специалистов полностью автономные боевые системы могут появиться уже через 20-30 лет или даже раньше. Ряд экспертов полагает, что будут созданы роботы-андроиды способные заменить солдата на любом участке боевых действий: на суше, на воде, под водой или в воздушно-космической среде. При этом высказываются опасения, что автономные боевые роботы, каким бы совершенным искусственным интеллектом они ни обладали, не смогут, как человек, анализировать поведение находящихся перед ними людей и, следовательно, будут представлять угрозу для невоюющего населения [4].

Американские специалисты считают, что если попытаться сопоставить способности человека с возможностями компьютера, то такой компьютер должен производить порядка 100 трлн. операций в секунду и обладать достаточной оперативной памятью. В настоящее время возможности микропроцессорной техники в 10 раз меньше. В связи с этим принципиально важное значение имеет наращивания быстродействия и миниатюризация разрабатываемых микропроцессоров. Сегодня минимальные размеры процессоров на основе кремниевых полупроводников ограничены технологиями их производства, базирующимися на ультрафиолетовой литографии. И, по данным доклада аппарата министра обороны США, эти предельные размеры в 0,1 мкн будут достигнуты уже к 2015-2020 годам. Вместе с тем альтернативой ультрафиолетовой литографии может стать применение оптических, биохимических и квантовых технологий, создания

переключателей и молекулярных процессоров. По мнению специалистов, процессоры, разрабатываемые с использованием методов квантовой интерференции, могут увеличить скорость вычислений в тысячи раз, а нанотехнологии – в миллионы раз. Кроме того, в интересах создания робототехнических комплексов необходимо уделить серьезное внимание перспективным средствам связи, которые, по сути, являются критическими элементами успешного применения беспилотных и роботизированных средств [3].

Кроме необходимости развития вычислительных систем и систем связи развитие робототехники требует использования самых современных технологий создания [3]:

- трансгенных биополимеров, применяющихся при разработке ультралегких, сверхпрочных, эластичных материалов с повышенными характеристиками малозаметности для корпусов БПЛА и других робототехнических средств;
- углеродных нанотрубок, используемых в электронных системах БПЛА. Кроме того, покрытия из наночастиц электропроводных полимеров позволяют на их основе разрабатывать систему динамического камуфляжа для робототехнических и других средств вооруженной борьбы;
- микро-электромеханических систем, объединяющих в себе микроэлектронные и микромеханические элементы;
- водородных двигателей, позволяющих снизить шумность робототехнических средств;
- «интеллектуальных материалов», выполняющих определенную функцию под влиянием внешних воздействий. Например, для беспилотных летательных аппаратов Управление исследовательских и научных программ DARPA проводит эксперименты по разработке концепции изменяющегося в зависимости от режима полета крыла, что позволит существенно увеличить маневренность БПЛА;
- магнитных наночастиц, способных обеспечить прорыв в разработке устройств хранения информации, существенно расширив объем памяти робототехнических систем. Потенциал технологии, достигаемый за счет использования специальных наночастиц размером 10-20 нм, – 400 Гбит на кв. см.

Несмотря на нынешнюю экономическую непривлекательность развития многих проектов и исследований в принципиально новых отраслях, военное руководство ведущих зарубежных стран, проводит целенаправленную, долгосрочную политику в области разработки перспективных роботизированных и беспилотных средств вооруженной борьбы, рассчитывая не только сохранить личный состав, сделать проведение всех боевых и обеспечивающих задач более безопасным, но и в перспективе разработать инновационные и эффективные средства для обеспечения национальной безопасности, борьбы с терроризмом и иррегулярными угрозами, а также эффективного проведения современных и будущих операций [3].

Планами роботизации вооруженных сил США предусмотрены следующие направления работ по параметрам робототехники:

- энергоснабжение;
- возможность функционирования в сложных условиях;
- способы излучения сигнала;
- структуры протоколов связи;
- системы описания объектов;
- распознавание человека;
- взаимосвязь человека с роботом;
- навигация;
- преодоление препятствий;
- приводы устройств и механизмов;
- повышение эффективности манипуляторов.

Самой сложной и неоднозначной проблемой на пути создания полностью автономных робототехнических комплексов военного назначения является легитимность и моральная возможность передачи машине права на убийство человека. Однако это – моральная проблема, проблема человека, но никак не робота, не проблема технологии. Одним из вариантов решения этой проблемы может стать несмертельное оружие в арсенале обладающего искусственным интеллектом боевого робота, способного действовать полностью автономно, независимо от человека [6].

Кроме того, развитие робототехники делает актуальными ряд новых задач человеко-машинного взаимодействия. Так, в вооруженных силах США в настоящее время разрабатываются концепции применения автономных роботизированных систем военного назначения, направленные на «создание партнерства между людьми и роботами, позволяющего им работать в рамках синергетических команд». В рамках этих концепций прорабатываются варианты формирования боевых подразделений, в состав которых предположительно будут входить 150 солдат и офицеров и около 2000 роботов. В связи с этим, соответственно, встает и другая проблема: как и какими средствами воевать с подобной «синергетической командой» солдат и роботов [6].

Роботизация принципиально меняет не только организационную структуру и тактику действий подразделений, но и затрагивает ряд важных социально-психологических аспектов. В частности, к порожденным роботизацией вызовам следует отнести значительное перераспределение социальных ролей в воинских подразделениях. Уже сейчас проявляются проблемы, связанные с новым видом социальных отношений: «человек» – «автономный боевой робот с искусственным интеллектом». Роботизация переводит «живых» военнослужащих из психологически понятного состояния войны как борьбы человека против человека в плоскость борьбы человека против «разумной машины», нацеленной на убийство людей. В новых условиях отдельного решения потребует не только организация совместных действий роботов и людей на поле боя, но и проблема совместного размещения и совместной боевой подготовки людей и роботов вне этого времени [7].

Еще одной сложной проблемой является проблема коммуникации, прежде всего, между людьми-исполнителями и роботами-командирами. Проблема может усугубляться недостаточной степенью адаптированности роботов к совместным действиям с людьми. Несомненно, на этой почве могут возникать не только трения, но и открытая конфронтация [7].

Не менее сложной может стать и социально-психологическая адаптация военнослужащих-людей, длительное время взаимодействовавших на поле боя с боевыми роботами как союзниками и как противниками. Так, в ходе активного внедрения роботов в состав группировок американских войск в Афганистане и Ираке также известно немало случаев привязанности военнослужащих к своим «подшефным» роботам, а также к восприятию их как своих боевых товарищей или талисманов. Будущее активное взаимодействие военнослужащих с автономными роботами, обладающих развитым искусственным интеллектом, может только усугубить проблему [7].

Одним из главных приоритетов в развитии вооруженных сил развитых стран является создание боевых роботов и робототехнических комплексов воздушного, наземного и морского базирования. За последние 20 лет такие страны, как США, Великобритания, Франция, Германия, Китай и Израиль в 20-30 раз увеличили объемы финансирования военных НИОКР по созданию боевых роботов и робототехнических комплексов. Бесспорным мировым лидером и инициатором крупных военных программ в этой области являются США (их доля работ составляет 65-75% общего мирового объема). К настоящему времени именно США добились наиболее ощутимых результатов в направлении создания робототехнических комплексов военного назначения. Развитию военной робототехники в США способствует долгосрочное планирование и интенсивность проводимых в этой области работ. Еще в 1988 году Министерство обороны США в рамках специальной программы инициировало крупномасштабные исследования, результатом которых должно было стать создание боевых роботов. За 20 последующих лет на свет появилось более 200 прототипов боевых машин, способных вести военные действия самостоятельно или по командам оператора, управляющего ими дистанционно. Большинство роботов предназначено для патрулирования, ведения разведки, разминирования, доставки грузов и ряда других военных целей. Некоторые образцы способны самостоятельно принимать решения об открытии огня по противнику [8, 9, 10].

В планах и программах развития военной робототехники Unmanned Vehicles (UV) Министерство обороны США выделяет следующие категории технических средств и робототехнических комплексов на их основе [10]:

- беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – Unmanned Air Vehicles (UAV);
- мобильные наземные роботы (МНР) – Unmanned Ground Vehicles (UGV);
- безэкипажные наводные платформы (безэкипажные надводные корабли и маломерные суда – БНК) – Unmanned Surface Vehicles (USV);

- необитаемые подводные аппараты (НПА) – Unmanned Underwater Vehicles (UUV), которые делятся на:
 - дистанционно-управляемые НПА (Remotely Operated Vehicles – ROV);
 - автономные НПА (Autonomous Underwater Vehicles – AUV).

В декабре 2007 года были утверждены основные направления развития безэкипажных и беспилотных систем (Unmanned Systems Roadmap) на 2007-2032 гг., определяющие цели и направления создания робототехнических средств наземного, морского и воздушного базирования [1].

В США роботизация Вооруженных сил возведена в ранг государственной политики. Американцы намерены постепенно отказаться от практики, когда одна система оружия заменяется на новую, более совершенную, и перейти к разработке целых комплексов роботизированных систем, заменяющих или дополняющих десятки традиционных систем оружия [9].

В настоящее время Вооруженные силы США широко применяют военных роботов при ведении боевых действий в военных конфликтах новейшего периода. Так, в Ираке использовалось 365 единиц роботов различного назначения 32 типов. В частности, применение дистанционно-управляемых инженерных машин при разминировании минных полей позволило в 2-3 раза увеличить темп наступление войск и значительно сократить потери личного состава. Кроме того, использование БПЛА для ведения тактической разведки в ходе боевых действий в Афганистане и Ираке позволило резко сократить сроки проведения боевой стадии операции [1].

До недавнего времени основные роботизированные средства разрабатывались в рамках программы FCS (Future Combat System), которая являлась составной частью полномасштабной программы модернизации техники и вооружения сухопутных войск США. В рамках программы осуществлялась разработка [3]:

- разведывательных сигнализационных приборов;
- автономной ракетной и разведывательно-ударной систем;
- беспилотных летательных аппаратов;
- разведывательно-дозорных, ударно-штурмовых, портативных дистанционно управляемых, а также легких дистанционно управляемых машин инженерного и тылового обеспечения.

Все эти устройства предполагалось объединить единой системой боевого управления, контроля, связи, разведки и наблюдения, в результате отдельные элементы смогли бы обмениваться информацией в реальном масштабе времени [9].

Однако роботизация вооруженных сил имеет ряд серьезных ограничений, с которыми вынуждены считаться даже самые богатые и развитые страны. Так, в 2009 г. США приостановили плановую реализацию программы FCS начатую в 2003 г. по причине финансовых ограничений и технологических проблем. С мая 2003 г. по декабрь 2006 г. стоимость программы закупок для FCS выросла с 91,4 млрд. долл. до 160,9 млрд. долл. За тот же срок удалось реализовать лишь 2 технологии из 44 запланированных. Общая стоимость

программы в 2006 г. оценивалась в 203,3-233,9 млрд. долл., затем она возросла до почти 340 млрд. долл., из которых 125 млрд. долл. планировалось потратить на НИОКР. В конечном итоге, после израсходования более 18 млрд. долл. программа FCS была остановлена, хотя по планам к 2015 г. треть боевой мощи армии США должны были составлять роботизированные системы [11, 12].

Кроме финансовых сложностей роботизации, неясным остается эффективность робототехнических или совместных человеко-робототехнических подразделений в бою с противником, располагающим большим арсеналом средств РЭБ и информационного оружия [8].

Тем не менее, процесс роботизации Вооруженных сил США продолжается. Несмотря на то, что программа FCS была закрыта, разработка инновационных средств вооруженной борьбы, включая системы управления и связи, а также большую часть роботизированных и беспилотных средств, была сохранена в рамках новой программы модернизации боевых бригадных групп (Brigade Combat Team Modernization) [3].

В конце 2010 года министерство обороны США обнародовало «План развития и интеграции автономных систем на 2011-2036 годы». Согласно этому документу, количество воздушных, наземных и подводных автономных систем будет заметно увеличено, причем перед разработчиками ставятся задачи сначала наделить эти аппараты «поднадзорной самостоятельностью» (то есть, их действия контролирует человек), а в конечном итоге – и «полной самостоятельностью». При этом специалисты ВВС США полагают, что перспективный искусственный интеллект в ходе боя будет способен самостоятельно принимать решения, не нарушающие законодательства [11, 12].

К 2016 году уже разработано около 20 дистанционно управляемых наземных машин для Вооруженных сил США. При этом, и ВВС и ВМС работают над примерно таким же количеством воздушных, надводных и подводных систем [11, 12].

Обсуждается идея совместного комплектования пехотных и специальных подразделений людьми и роботами. Другая идея – комплексировать отработанные и новые технологии. Например, использовать транспортные самолеты и корабли в качестве «платформ-маток» для групп воздушных и морских беспилотных аппаратов, что изменит тактику их использования и увеличит их возможности [11, 12].

Таким образом, опыт роботизации Вооруженных сил на примере США, показал, что разработка военных робототехнических комплексов – сложнейшая научно-техническая задача, требующая системного подхода и объемного финансирования. Так и не сумев создать систему FCS, американцы отдали предпочтение смешанным системам – «человек+робот», либо «робот, управляемый человеком». Роботам отводится выполнение задач, которые они могут исполнить эффективнее человека, либо те, где риск жизни человека превышает допустимые ограничения. Преследуется также цель удешевления вооружения и военной техники.

При вторжении в Ирак в 2003 г. Вооруженные силы США имели всего несколько десятков БПЛА и ни одного наземного робота. В 2009 г. они уже

имели 5300 БПЛА, а в 2013 г. – более 7000. Массированное применение повстанцами в Ираке самодельных взрывных устройств стало причиной резкого ускорения развития американцами наземных роботов. В 2009 г. Вооруженные силы США уже имели более 12 тысяч роботизированных наземных устройств [4].

Опыт США показывает, что при разработке роботов военного и гражданского назначения используются общие подсистемы и элементы, основанные на передовых достижениях в области сенсорных устройств, машинного зрения, распознавания речевых команд, механических манипуляторов, математического обеспечения и т. д. Это позволяет на одной и той же научно-технической и промышленной базе создавать и автоматизированные средства вооруженной борьбы, и автоматизированные производственные системы, и рассчитанные на массовый спрос или коммерческие товары. При такой схеме, с одной стороны – обеспечивается внедрение результатов новых военных разработок в области робототехники в гражданские области, а с другой – выпуск военной продукции не требует наличия специальной военной промышленности. Анализ робототехнических комплексов представляемых на международных салонах и выставках оборонных систем и вооружений, наглядно демонстрируют – гражданский и военный сектор в этой области практически слились [9].

С учетом этого, интересны следующие факты. Мировым лидером в гражданской робототехнике является Япония. По общему количеству промышленных роботов (около 350 тыс. шт.) Япония значительно опережает идущих за ней Германию и США. Она также лидер по количеству промышленных роботов на 10 000 человек занятых в автомобильной промышленности, на которую приходится более 40% от всего объема продаж роботов в мире. В 2012 году этот показатель у лидеров составлял: Япония – 1562 единиц; Франция – 1137; Германия – 1133; США – 1091. Китай имел 213 роботов на 10 000 работающих в автопроме. Однако по количеству промышленных роботов на 10 000 человек занятых во всех отраслях промышленности лидировала Южная Корея – 396 единиц; далее Япония – 332 и Германия – 273. Средняя мировая плотность промышленных роботов к концу 2012 года составляла 58 единиц. При этом в Европе этот показатель составил – 80, в Америке – 68, в Азии – 47 единиц. У России было 2 промышленных робота на 10 000 работающих. В 2012 г. в США было продано 22411 промышленных роботов, в России – 307 единиц [6].

По сообщениям иностранных СМИ, около 40 стран, в том числе США, Россия, Великобритания, Франция, Китай, Израиль, Южная Корея, разрабатывают роботов, способных воевать без человеческого участия. Ряд программ реализуется на базе совместных проектов. Считается, что рынок подобных вооружений может достигать 20 млрд. долларов США. С 2005 г. по 2012 г. Израиль продал БПЛА на сумму в 4,6 млрд. долл. США. Всего разработками военных роботов занимаются специалисты более чем 80 стран [4].

Основной тенденцией реализации этих проектов является дооснащение состоящих на вооружении средств системами технического зрения, средствами автоматизации управления, каналами связи (радио и оптоволоконными) и средствами управления движением, построенными на модульном принципе. Такой подход позволяет осуществлять быстрое внедрение робототехнических систем в специализированные подразделения.

Рассмотрим более подробно технологии и тенденции развития робототехнических комплексов военного назначения на основе анализа открытых источников в области развития: БПЛА [1, 4, 3, 9, 13-27, 33, 34], наземных робототехнических средств [3, 8, 9, 11-13, 28, 29], а также автономных необитаемых надводных и подводных аппаратов [3, 9, 10, 21, 31, 32, 36, 37].

2 Робототехнические комплексы на основе БПЛА

2.1 Общая характеристика тенденций развития БПЛА

Сегодня в мире наблюдается устойчивый интерес к развитию и совершенствованию беспилотной техники. В развитых странах беспилотная техника уже несколько десятков лет используется для выполнения боевых задач.

В настоящее время, в интересах Вооруженных сил комплексы с БПЛА предполагается использовать для решения разнохарактерных задач в условиях, когда применение пилотируемой авиации невозможно или нецелесообразно (сильное противодействие средств ПВО противника, радиационное, химическое или бактериологическое заражение воздуха и местности в районе боевых действий, осуществление длительного наблюдения за противником и т.д.).

При этом современные комплексы с БПЛА должны выполнять [1]:

1) разведывательные задачи:

- ведение воздушной разведки;
- корректировка огня артиллерии;
- целеуказание высокоточному оружию (подсветка целей);
- оценка результатов нанесения ударов;
- длительное воздушное патрулирование заданных районов;
- определение местоположения и масштабов загрязнения (радиационного, химического, бактериологического и др.) территорий (акваторий);

2) ударные и истребительные задачи:

- поражение целей наземного, надводного и воздушного базирования;

3) специальные задачи:

- радиоэлектронное противодействие огневым и обеспечивающим средствам противника;

- усложнение воздушной обстановки путем использования БПЛА в качестве авиационных ложных целей;
- ретрансляция информации и команд боевого управления.

К основным недостаткам существующих комплексов с БПЛА относятся [1]:

- недостаточная численность комплексов с БПЛА;
- меньшая гибкость применения, по сравнению с пилотируемой авиацией;
- нерешенность ряда проблем связи, передачи данных, вопросов посадки и спасения;
- более низкий, по сравнению с самолетами пилотируемой авиации, уровень надежности;
- большие расходы на создание целевых нагрузок;
- ограничения на полеты в населенных районах в мирное время.

Анализ опыта применения БПЛА в современных военных конфликтах позволяет сделать вывод, что наличие полной, оперативной и достоверной информации о противнике является необходимым условием успешного ведения боевых действий. Таким образом, приоритетным направлением развития БПЛА является создание разведывательных и разведовательно-ударных комплексов на их основе [1].

Разрабатываемые и планируемые к созданию комплексы с БПЛА различных классов и назначений должны образовывать единую систему беспилотных средств, характеризующуюся высокой степенью унификации на уровне общих принципов построения. Должна быть предусмотрена унификация процессов производства комплексов, их эксплуатации и обслуживания в войсках, а также обучения личного состава. Эта система должна быть открытой и предусматривать поэтапную разработку и внедрение комплексов и их вариантов в войска, а также длительный жизненный цикл при возможности совершенствования в ходе модернизации с наращиванием ТТХ и расширением функциональных возможностей [1].

Сегодня 30 государств разрабатывают и производят до 150 типов БПЛА, из них 80 приняты на вооружение 55 армий мира. Лидируют в данной области США, Израиль и Китай. Следует заметить, что БПЛА не относятся к классическим роботам, так как не воспроизводят человеческую деятельность, хотя и считаются роботизированными системами. По прогнозам, в 2015-2025 гг. доля США в мировых расходах на БПЛА составит: по НИОКР – 62%, по закупкам – 55% [4].

2.2 Примеры применения комплексов различного назначения на основе беспилотных летательных аппаратов

К числу перспективных летательных аппаратов относятся специализированные ударные и многоцелевые боевые беспилотные летательные аппараты, тактико-технические характеристики и боевая эффективность которых приближаются к современным образцам тактической авиации. Так большое внимание уделяется созданию БПЛА, предназначенных

для доставки средств ВТО к рубежам выполнения задач нанесения ударов по расположенным на большом удалении наземным целям [13, 27].

Для решения таких задач в ВВС США применяются многоцелевой БПЛА MQ-1 Predator, оснащаемый противотанковыми управляемыми ракетами AGM-114 Hellfire, и его усовершенствованный вариант MQ-9 Reaper которые успешно применялись в Ираке и Афганистане.

Одно из ведущих мест в арсенале американских ВВС среди БПЛА до последнего времени занимал летательный аппарат Predator. Он сравнительно дешев (3,4 млн. долларов), имеет высокий уровень надежности работы бортового оборудования и относительно небольшую скорость полета. Именно этот БПЛА был применен США для обнаружения и нанесения ударов по членам «Аль-Каиды» в Йемене и Афганистане [27].

Однако сейчас на вооружение принимается новый вид БПЛА, способный проводить штурмовые операции. Так, в июле 2007 г. США приступили к разворачиванию в Афганистане и Ираке первых ударных эскадрилий новейших БПЛА Reaper для ведения боевых действий против «Аль-Каиды» и талибов [9].

БПЛА MQ-9 Reaper имеет длину 11 м и несет на борту до 1,5 т вооружений. Это 4 ракеты AGM-114 Hellfire и две бомбы Mark 82 по 250 кг. По сообщениям зарубежной печати, этот БПЛА обладает следующими характеристиками: максимальная взлетная масса – около 5 т, максимальная скорость полета – 480 км/ч, дальность полета – около 5800 км, практический потолок – до 15 км, время выполнения задач в воздухе – около суток (с полной нагрузкой – около 14 ч). Бортовая аппаратура Reaper позволяет на малых скоростях полета до 70 узлов (около 130 км/ч) – сканировать поверхность с разрешением 1 м, просматривая 25 км² поверхности в минуту, а на больших скоростях – около 250 узлов (более 460 км/ч) – до 60 кв.км. В режиме поиска бортовая РЛС обеспечивает получение с расстояния 40 км мгновенных снимков локальных участков земной поверхности размером 300×170 м с разрешением до 10 см [9, 13].

Стоимость образца БПЛА Reaper составляет приблизительно 30 млн. долларов США, однако стоимость может меняться в зависимости от конфигурации.

Таким образом, Reaper – это уже не аппарат воздушной разведки с опциями для нанесения ударов, а серьезный БПЛА-штурмовик с широкими возможностями авиаразведки. Он может баражировать над заданной территорией до 14 ч, находясь в полном боевом снаряжении и ожидая, когда появится нужная цель. Управление разворачиваемых в Афганистане и Ираке БПЛА производится на расстоянии почти 10 тыс. км из специального центра, находящегося в американском штате Невада. Оператор, использующий систему виртуального присутствия, имеет возможность через спутник связи руководить полетом БПЛА и наносить удары [9].

До 2015 года БПЛА Reaper прошел две модификации:

- модификация Block-1 – в апреле 2012 года был представлен БПЛА с увеличенной продолжительностью полёта. Этот БПЛА может находиться в воздухе на 10-15 ч дольше, чем предыдущая его версия.

Такой результат был достигнут благодаря дополнительным топливным бакам и обновленным шасси, благодаря чему продолжительность полёта увеличилась до 37 ч без дозаправки. По сообщениям компании-производителя, если на БПЛА MQ-9 Reaper установить более длинные крылья – 26,8 м, вместо штатных 20 м, то БПЛА сможет находиться в воздухе до 42 ч;

- модификация Block-5 – увеличена мощность двигателя, установлена вторая радиостанция для передачи данных нескольким воздушным или наземным объектам, увеличена грузоподъемность.

Анализ боевого применения БПЛА Reaper показал, что значительная высота ведения разведки и высокая дальность обнаружения целей, а также сниженные демаскирующие признаки БПЛА в акустическом и оптическом диапазонах позволяют ему скрытно вести разведку в заданном районе для выявления активности противника. Наблюдение за потенциальным объектом атаки с задействованием одного аппарата может, при необходимости, продолжаться более 12 ч. Для выполнения аналогичной (по боевой производительности) задачи по вскрытию обстановки в районе такой же площади силами тактической авиации требуется не менее 6 самолетовывлетов [22].

БПЛА RQ-4 Global Hawk – высотный стратегический разведывательный БПЛА. Первый аппарат Global Hawk был передан ВМС США в 2004 году и приступил к выполнению боевых задач в марте 2006 года. Global Hawk выполнен по нормальной аэродинамической схеме. Крыло полностью изготовлено из композиционного материала на основе углеволокна. V-образное хвостовое оперение, также сделано из композиционных материалов. Фюзеляж изготавливается из алюминиевых сплавов. Размах крыльев составляет примерно 35 м, длина – 13,3 м, а взлетный вес приближается к 15 т. БПЛА может осуществлять патрулирование в течение 30 ч на высоте до 18 км [9].

Global Hawk оснащен интегрированной системой наблюдения и разведки HIRAR (Hughes Integrated Surveillance & Reconnaissance). Это упрощенная и более дешевая версия комплекса ASARS-2, разработанного фирмой Hughes для разведывательного самолета Lockheed U-2. Комплекс HIRAR включает в себя радиолокационную, оптическую и инфракрасную разведывательные подсистемы. Все эти три подсистемы могут работать одновременно, а их данные обрабатываются единым вычислительным комплексом БПЛА. Радиолокатор с синтезированной апертурой изготовлен фирмой Raytheon (Hughes) и предназначен для работы в любых погодных условиях. В нормальном режиме работы он обеспечивает получение радиолокационного изображения местности с разрешением в 1 м. За сутки может быть получено изображение с площади 138 км² на расстоянии 200 км. В точечном режиме проводится съемка области размером 2×2 км, за 24 ч может быть получено более 1900 изображений с разрешением 0,3 м Global Hawk имеет широкополосный спутниковый канал связи и канал связи в пределах зоны прямой видимости.

Подсистема радиолокационной разведки работает в X-диапазоне и обеспечивает:

- сканирование и обнаружение движущихся целей в радиусе 100 км;
- комбинированный SAR/MTI режим, который предоставляет возможность наблюдения с разрешением 6 м за полосой шириной 37 км и длиной от 20 до 110 км;
- в режиме детальной съемки имеет разрешение 1,8 м на территории 10 км².

РЛС обладает возможностью обнаружения наземных подвижных объектов и передачи сведений о подобных объектах (координаты и скорость) в текстовых сообщениях. Дневная электронно-оптическая цифровая камера изготовлена компанией Hughes и обеспечивает получение изображений с высоким разрешением. Оптический датчик (1024×1024 пиксел) сопряжен с телеобъективом с фокусным расстоянием 1750 мм. В зависимости от программы есть два режима работы. Первый – сканирование полосы шириной 10 км, а второй – детальное изображение области 2×2 км. Изображения получаемые с РЛС, оптического и ИК-сенсора обрабатываются на борту БПЛА и передаются на наземную станцию в виде отдельных кадров. Обработанные данные могут передаваться на землю в режиме реального времени со скоростью до 50 Мбит/с через УКВ канал прямой видимости или через спутниковый канал Ku диапазона. Наземная станция собирает из кадров изображения и подготавливает их для дальнейшего использования. Для навигации Global Hawk используется инерциальная система с поправками от GPS.

Стоимость комплекса на основе БПЛА оценивается до 140 млн. долларов США. Расходы на час полета БПЛА оцениваются в 31 тыс. долларов.

До 2015 года время БПЛА Global Hawk прошел несколько модификаций:

- RQ-4B Global Hawk Block 30 – первая версия БПЛА официально принятая на вооружение ВВС США с августа 2011 года.
- RQ-4B Global Hawk Block 40 – отличается от предыдущих версий Block 20/30 тем, что содержит мультиплатформенную РЛС MP-RTIP.
- RQ-4E Euro Hawk – немецкая модификация RQ-4, представленная в октябре 2009 года. На европейскую версию БПЛА устанавливается оборудование радиотехнической разведки SIGINT, разработанное EADS.
- MQ-4C Triton – морской патрульный БПЛА. Этот БПЛА оснащен РЛС X-диапазона для обнаружения надводных кораблей и используется как часть системы расширенной морской разведки ВМС США – BAMS. Управляют этими БПЛА экипажи патрульных самолетов P-8 Poseidon.

БПЛА Global Hawk широко и довольно успешно используется в военных конфликтах. Например, в ходе активной фазы военных действий в Ираке в течение марта 2003 года один аппарат RQ-4A Global Hawk совершил 16 боевых вылетов с общим налетом около 360 ч. Это составило всего 3% от общего количества разведывательных полетов авиационной группировки. При этом аппарат передал более 55% всей информации о критичных по времени целях

противника. Отмечается также, что к концу 2007 года только 3 такими БПЛА, задействованными в Афганистане и Ираке, было выполнено около 400 вылетов с суммарным налетом около 8 тыс. ч. Напряженность боевого применения машин составила 8-12 вылетов в месяц продолжительностью более 24 ч каждый [22].

БПЛА-бомбардировщикUCAV на основе Steth-технологий активно разрабатывается в США. Уже создан прототипUCAV – экспериментальный многоцелевой БПЛА X-45. Первый полёт продолжительностью 14 мин этот БПЛА выполнил в 2002 году, в ходе полета была достигнута высота 2,5 км и скорость 360 км/ч. Пентагон планирует использовать системы, созданные на базе X-45, для решения двух задач:

- подавление системы противовоздушной обороны (как говорят в США, задача первого дня войны);
- нанесение ударов по целям, прикрытым сильной ПВО.

В обоих случаях планировалось использовать эти БПЛА для немедленных действий на удалённых ТВД (заданное время развёртывания системы на любом аэродроме планеты – 32 ч, готовность к взлёту после переброски – 75 мин).

Программа X-45 получила 767 млн. долл. от DARPA в октябре 2004 года на строительство и испытания трёх БПЛА. Предполагалось, что X-45 понесет 680 кг ракетно-бомбовой нагрузки, а также то, что он сможет автоматически выбирать важные цели, определять трассу полета к ним и сам возвращаться на базу. Скорость БПЛА – 0,8 от звуковой. Эти БПЛА должны были быть встроены в единую сеть разведки и управления боевыми действиями и стать основой для проведения сетецентрических беспилотных операций.

Однако, по состоянию на 2 марта 2006 года ВВС США приняло решение прекратить финансирование проекта X-45. Несмотря на прекращение финансирования, «Боинг» продолжил программу X-45 в инициативном порядке и предложил ВМС США создать демонстрационный вариант X-45N.

Интересным в плане перспективного использования беспилотных средств является проект БПЛА RAQ-25 CBARS (Carrier-Based Aerial-Refueling System – «палубная система дозаправки»). Целью проекта CBARS является создание БПЛА, предназначенного для осуществления дозаправки в полете других летательных аппаратов. Разработка такой техники позволит ВМС США избавиться от давней проблемы, связанной с увеличением боевого радиуса имеющихся самолетов. Дело в том, что с конца девяностых годов палубная авиация не имеет полноценного самолета-заправщика, что мешает ей с высокой эффективностью выполнять поставленные задачи. В 1997 году с вооружения был снят специализированный заправщик Grumman KA-6D Intruder, и с тех пор дозаправка в полете выполняется только истребителями F/A-18 с подвесными заправочными агрегатами. Предполагается, что перспективный БПЛА-танкер RAQ-25 сможет полноценно решать поставленные задачи и тем самым высвободит истребители F/A-18, позволив им заниматься только боевой работой. При этом, можно ожидать, что использование беспилотных заправщиков приведет к некоторому повышению эффективности подобной

работы. БПЛА с характеристиками на уровне Х-47 или выше смогут в течение длительного времени находиться в указанном районе за пределами зоны действия ПВО противника и производить там дозаправку боевых самолетов, отвечающих за завоевание господства в воздухе или нанесение ударов по объектам противника [15].

С 1996 года ВВС США ведут большую программу создания самых разнообразных ударных и разведывательных комплексов, беспилотных систем ретрансляции и связи, а также ложных целей на основе БПЛА. Дешевые мини-БПЛА объединившись в сети, превратятся в массовое оружие на новых принципах роевого интеллекта.

К таким мини-БПЛА можно отнести Wasp. Свой первый полет он совершил в 2007 году. Аппарат предназначен для наблюдения, целеуказания, корректировки огня и оценки ущерба, при нахождении над вражеской территорией. Wasp оснащен двумя миниатюрными видеокамерами, которые собирают информацию и передают ее оператору в режиме реального времени. Wasp весит 200 г, размах крыла 33 см, оснащен электромотором, получающим энергию от аккумуляторов и подзаряжающимся во время полета от солнечных батарей. Модификация Wasp III имеет размах крыльев 73,5 см, весит 454 г и несет электрооптические цветные камеры, направленные вперед и в стороны, плюс дополнительную модульную нагрузку оптических или инфракрасных сенсоров. Имеет дальность действия до 5 км от оператора и максимальное время нахождения в воздухе до 45 мин [9].

От США стараются не отставать и другие страны. В настоящее время уже более 80 типов БПЛА состоят на вооружении 41 страны, 32 государства сами производят и предлагают к продаже более 250 моделей БПЛА различных типов. По мнению американских специалистов, производство БПЛА на экспорт не только позволяет поддерживать собственный военно-промышленный комплекс, снижать стоимость БЛА, закупаемых для своих Вооруженных сил, но и обеспечивать совместимость аппаратуры и оборудования в интересах проведения многонациональных операций [3].

Одним из лидеров в создании и применении БПЛА считается Израиль. В Израиле БПЛА производятся сразу несколькими оборонными предприятиями, такими, как концерн РАФАЭЛ и концерн «Авиационная промышленность» (ТАА). Ливанская война 2006 г. стала первой в истории по масштабам применения БПЛА. Так израильские боевые БПЛА «Hermes» совершили более 2500 боевых вылетов. Они использовались для разведки, а также для поиска и уничтожения живой силы противника.

В настоящее время прорабатываются применение БПЛА не только для решения боевых задач. Используя БПЛА можно доставлять за линию фронта оружие и амуницию, а также эвакуировать раненых. Так, в настоящее время отдел логистики и снабжения ЦАХАЛа вместе с ВВС и командованием сухопутных войск Израиля проверяют ряд разработок, предложенных израильскими компаниями для этих целей. Израильская компания «ТАА» уже начала проводить эксперименты по превращению обычного грузового вертолета в беспилотный. Компания Urban Aeronautics разрабатывает новый

беспилотный вертолет Mule, работающий не при помощи внешнего винтового ротора, а при помощи внутренних роторов, на основе турбореактивного двигателя. Этот небольшой вертолет (длиной всего 5 м) будет способен перевозить груз весом в 230 кг – еду, воду, медикаменты, боеприпасы и т.д. Параллельно, на прошедшем недавно съезде специалистов оборонных предприятий Израиля было принято решение сделать максимальное усилие для создания беспилотного медицинского вертолета для эвакуации раненых с поля боя. Согласно заданным параметрам, вертолет будет длиной около 8 м и высотой около 1,5 м. Он будет способен перевезти 4 человек и медицинское оборудование, предназначенное для оказания экстренной помощи, и передвигаться со скоростью в 150 км/ч на высоте в 3 км [9].

Эксперты считают, что боевые БПЛА во многом превзойдут обычные боевые самолеты. Дело не только в их дешевизне, по сравнению с пилотируемыми истребителями или бомбардировщиками. БПЛА по маневренности превзойдут обычные самолеты хотя бы потому, что являются более маневренными в силу того, что могут позволить себе самые высокие перегрузки недоступные для человека. Кроме того, на БПЛА можно возложить ряд дополнительных задач обеспечения боевых действий и тылового обеспечения.

2.3 Проблемные аспекты применения БПЛА

Несмотря на то, что доля применения БПЛА в вооруженных конфликтах и локальных войнах постоянно увеличивается, для массового применения БПЛА есть существенные ограничивающие факторы, а также различного рода проблемные аспекты. Как показал анализ работ [9, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 24, 25, 28, 33], к числу основных из них относятся:

- низкая автономность существующих комплексов на основе БПЛА;
- недостаточная пропускная способность подсистемы связи для одновременного дистанционного управления множеством БПЛА или получения от них больших объемов разведывательной информации;
- необходимость создания принципиально новой наземной обслуживающей и эксплуатационной инфраструктуры;
- необходимость специальной подготовки операторов БПЛА и их вооружения;
- сложности, связанные с эффективным применением БПЛА против противника, обладающего современными высокоразвитыми системами ПВО и РЭП;
- необходимость разработки новых правил и технических средств обеспечения безопасности полетов с учетом БПЛА, как равноправного участника воздушного движения.

Одним из основных ограничений на применение БПЛА является его низкая автономность и необходимость постоянного взаимодействия с оператором на Земле. Таким образом, несмотря на десятки разрабатываемых систем автоматического управления, БПЛА продолжают быть «ручными». Они

нуждаются в человеческом контроле, иначе применять их будет попросту невозможно. Даже управление такими высокотехнологичными БПЛА, как Reaper или Global Hawk, все равно ведется вручную во всех сложных режимах пилотирования, включая: взлет, посадку, барражирование над целью, а также применение оружия [23].

Анализ, проведенный в работе [14], показал, что успешному применению БПЛА препятствует недостаточное количество каналов связи (ширина полосы частот) на всех потенциальных ТВД и ограничения пространственного (географического) характера на некоторых из них. Отмечается, что системы связи при дистанционном управлении БПЛА были настолько перегружены, что некоторые планировавшиеся действия пришлось отложить или отменить. Таким образом, оказалось, что недостаточные возможности систем связи ограничивают количество одновременно применяемых БПЛА. Соответственно, начало каждой новой операции требовало окончания предыдущей. В конечном итоге, опыт применения БПЛА RQ-4 Global Hawk и MQ-1 Predator в операции в Афганистане показал продолжающейся рост потребности в используемой полосе частот, которая, как показывает практика, удваивается ежегодно.

Еще одним ограничением на использование БПЛА является то, что эффективно они могут применяться в относительно свободном воздушном пространстве, днем, при минимальном противодействии средств ПВО и РЭП противника. Ночное применение БПЛА не получило широкого распространения по следующим причинам [17]:

- сложность ночного пилотирования;
- высокой стоимости оборудования – тепловизора или чувствительной ИК-камеры;
- сложности дешифрования полученной информации, так как при ночной съемке трудно распознать гражданские или военные цели.

При этом, большие БПЛА, применяемые днем нередко становятся легкими целями для средств ПВО, в том числе и ПЗРК. Так, при проведении 78-дневной операции союзных сил в Югославии в 1999 году было потеряно около 47 БПЛА, из которых 35 были подбиты сербской ПВО. Три грузинских БПЛА (включая, по меньшей мере, один Elbit Hermes 450) были подбиты над Абхазией российскими истребителями в российско-грузинском конфликте в 2008 году [19].

Как отмечается в работе [17], основным способом борьбы технологически развитого противника с БПЛА становятся применение им средств РЭП, так как расход дорогостоящих ракет ЗРК против малых БПЛА ведет к исчерпанию ресурсов системы ПВО и фактически является неэффективным. Средства РЭП представляют серьезную угрозу для малых БПЛА, которые, как правило, не имеют полноценной альтернативной инерциальной системы навигации, а также используют каналы управления и передачи информации с низкой помехозащищенностью, при этом алгоритмы управления таких БПЛА не предусматривают высокой степени автономности. Опыт воздействия РЭП на БПЛА в локальных конфликтах [17] показывает, что средства РЭП работают следующим образом: средства радиомониторинга сканируют радиодиапазон в

поисках источника радиосигнала БПЛА, после чего производится анализ сигнала, и принимается решение о постановке помехи:

- в канале видеотракта;
- в канале командной радиолинии управления;
- помехи для блокирования навигационных сигналов GPS;
- в виде информационного воздействия на БПЛА с целью перехвата управления аппаратом.

Так как, противодействовать помехам в каналах видеотракта или в каналах радиоуправления в большинстве случаев невозможно, то БПЛА должен быть запрограммирован таким образом, чтобы при выявлении помех, при прерывании управления с земли, или при попытке вмешаться в управление, он бы переходил в полностью автономный полет в режиме радиомолчания и продолжал его до выхода из зоны действия РЭП. При этом, БПЛА, который летит в автономном режиме (в режиме радиомолчания) и имеет слишком малую эффективную отражающую поверхность для РЛС, может быть обнаружен только визуально, поэтому становится практически неуязвим для РЭП. В случае постановки помех в канале GPS (подмена координат), аппарат должен переходить на управление с помощью инерциальной системы или по магнитному компасу [17].

Еще одним проблемным фактором, сдерживающим широкое внедрение БПЛА, являются экономические затраты. Так, даже относительно низкотехнологичные БПЛА стоят немало, требуют принципиально новых подходов к эксплуатации и обслуживанию, но при этом обеспечивают незначительный уровень эксплуатационной гибкости по сравнению с пилотируемыми воздушными аппаратами. Как указано в [19], «необитаемые» БПЛА в реальности требуют значительных людских ресурсов. Например, по имеющимся данным, ВВС США планируют выделять по десять пилотов на каждый БПЛА во время обычных операций. К этому необходимо добавить операторов различного оборудования, обслуживающих техников, аналитиков разведывательных данных, и получится, что каждый «беспилотный» летный час требует сотен человеко-часов. Кроме этого, применение БПЛА требует развертывания соответствующих учебно-тренировочных комплексов, а также элементов наземной и радиотехнической инфраструктуры. При этом, все эти ресурсы необходимо обеспечить, даже если используется только один БПЛА [19, 34].

Применение военных БПЛА показало необходимость принятия мер, гарантирующих, что они не будут сталкиваться с другими летающими объектами, использующими воздушное пространство. До настоящего времени это реализовывалось за счет использования пилотируемого самолета сопровождения или наземного наблюдателя, что ограничивало операции с использованием БПЛА дневным временем. Однако ряд происшествий, связанных с столкновением пилотируемых и непилотируемых аппаратов, вынудил приступить к разработке соответствующих систем. Так, американская армия в настоящее время начала установку системы обнаружения и предотвращения столкновений в воздухе Gbsaa (ground-based sense-and-avoid)

производства компании SRC на своих ключевых авиабазах в континентальной части, начав с Форт Худа в декабре 2014 года. Система Gbsaa получает данные от нескольких воздушных датчиков (три трехкоординатных РЛС с электронным сканированием SRC Lstar) и рассчитывает риск столкновения БПЛА, сопоставленный с маршрутами других воздушных судов. Оператор Gbsaa передает эту информацию оператору БПЛА для принятия соответствующих действий по исключению столкновения [19].

Для решения аналогичных задач компания General Atomics разработала устанавливаемый на БПЛА радар воздушного трафика DRR (Due Regard Radar), который предлагается в качестве компонента системы предотвращения столкновений для беспилотной авиации ACAS-Xu (Airborne Collision-Avoidance System for Unmanned Aircraft). DRR тестировался в составе системы SAA (предназначенной для предотвращения столкновений в воздухе) разработки компании General Atomics, которая включает функцию автоматического избегания столкновений и функцию слияния данных сенсоров с целью предоставления оператору БПЛА картины воздушной обстановки вокруг его аппарата. Указанная компания работает с НАСА с целью установки своей системы SAA на опытный БПЛА Predator-B, получивший обозначение Ikhana [19].

Кроме того, широкое внедрение БПЛА выявило ряд психологических аспектов применения дистанционно-управляемых робототехнических устройств, как со стороны операторов, так и среди противника, против которого применяются подобные аппараты.

Анализ опыта применения БПЛА в Ираке и Афганистане [23], показал, что зачастую операторы управляют БПЛА и применяют его оружие в условиях действия противоречивых разведывательных данных и без учета специфики конкретной ситуации. Отмечается отсутствие «вживления» оператора, находящегося за тысячи километров, в реальную боевую обстановку. Ввиду того, что информация о наземной цели, как правило, добывалась разведкой непосредственно в районе операции, оператор часто получал множество противоречивых сообщений и команд. Кроме того, большая длительность прохождения сигналов и команд на линии «оператор»-«БПЛА» накладывает на управляемость БПЛА определенную инертность. При этом, за ту пару секунд, за которые сигнал доходит до БПЛА, ситуация в районе проведения операции может кардинально измениться. Вследствие этих факторов из 10 случаев применения ракетного вооружения БПЛА в Афганистане, 5 попаданий приходилось на мирных жителей. Таким образом, каждый второй выстрел – это поражение мирного жителя. При этом, по данным фонда «Новая Америка» (New America Foundation) [24, 26], с 2004 по январь 2012 года американские БПЛА, применяемые для боевых операций «Аль-Каиды», «Талибана» и других террористических группировок, нанесли 285 ракетных ударов, уничтожив от 1727 до 2690 человек, среди которых из них 385 – мирные жители. Все это ведет к низкой психологической устойчивости операторов БПЛА. Так только за 2013-й год было отмечено 25 случаев, когда операторы БПЛА сводили счеты с жизнью без явных на то причин [23].

Для противника и для мирного населения боевое применение БПЛА за счет своей внезапности имеет эффект теракта. Анализ применения БПЛА в Пакистане показал, что их применение наносит существенные психологические травмы мирному населению противоборствующей стороны. В докладе [25] указывается, что «БПЛА летают над населенными пунктами на северо-востоке Пакистана круглосуточно и без предупреждения наносят удары по домам, транспортным средствам, общественным местам. Их присутствие вызывает у мужчин, женщин и детей постоянное чувство беспокойства и наносит психологические травмы». Нередко пакистанцы, которые становятся свидетелями авиаудара, боятся прийти на помощь пострадавшим, так как БПЛА регулярно наносят удары по спасателям, пишут авторы доклада. Кроме того, родственники людей, погибших в результате операций БПЛА, часто боятся присутствовать на похоронах своих близких, так как БПЛА наносят удары и по участникам похорон. Отмечается также, что, исходя из сообщений СМИ и отчетов американских спецслужб, судить о реальных результатах «беспилотной войны» нельзя. Так, американское правительство редко признает факт убийства мирных жителей и регулярно занижает число убитых среди гражданского населения. Созданию иллюзии борьбы с террористами способствует ряд уловок: в частности, в официальных отчетах все убитые мужчины, достигшие совершеннолетия, фигурируют как «боевики», независимо от того, являлись они ими или нет [26].

Таким образом, практика применения БПЛА является довольно неоднозначной, однако, с учетом перспектив, которые открывает сам принцип «беспилотности» авиационных средств, можно ожидать, что развитие БПЛА и комплексов на их основе продолжится. При этом большинство современных проблемных аспектов применения БПЛА, относятся к «детским болезням» этого вида авиации, и они будут успешно разрешены по мере развития соответствующих технологий.

2.4 Перспективы развития комплексов на основе БПЛА

В настоящее время продолжают процессы совершенствования комплексов на основе БПЛА. При этом, как показано в работе [21], бурное развитие беспилотной авиации в военных целях обусловлено прежде всего фактическим исчерпанием возможностей экстенсивного развития пилотируемой авиации. А реализация же интенсивного пути развития пилотируемой авиации за счет перехода к 5-му поколению авиационных комплексов требует очень существенных финансовых затрат. К числу основных тенденций в направлении создания новых и совершенствования существующих БПЛА можно отнести следующее [15, 19, 20]:

- создание гиперзвуковых БПЛА;
- использование при проектировании БПЛА технологий снижения радиолокационной и оптической заметности;
- увеличения автономности и длительности полета;
- повышение пропускной способности каналов связи с БПЛА;

- оснащение БПЛА интеллектуальными системами автономного управления, маневрирования в полете, целеопределения и применения оружия;
- оснащение БПЛА средствами активного противодействия системам ПВО, а также комплексами защиты борта на основе средств РЭБ и лазерного оружия;
- оснащение БПЛА системами определения и противодействия средствам РЭП или информационно-техническим воздействиям с целью нарушения или перехвата управления;
- проработка вопросов создания смешанных авиационных групп, состоящих из пилотируемых и непилотируемых аппаратов;
- разработка новых тактических приемов действия множества БПЛА на основе поведения «стаи» или «роя».

Рассмотрим некоторые из основных тенденций развития БПЛА более подробно.

Анализ, проведенный в работе [14], показал, что успешному применению БПЛА препятствует недостаточная пропускная способность подсистемы связи. Для преодоления ограничений систем связи для БПЛА в настоящее время ведутся ряд прорывных работ.

Во-первых – это технологии создания конформных антенн, которые размещаются на поверхности аппарата, что позволяет использовать всю поверхность БПЛА в качестве антенны [14].

Во-вторых – рациональное использование имеющегося радиоресурса. Так, в США в качестве платформы для информационного обмена с перспективными БПЛА предлагается единый тактический канал связи TCDL (Tactical Common Data Link), который охватывает семейство каналов связи, которые могут быть установлены как на самолетах разведки, так и на БПЛА. TCDL предназначен для передачи радиолокационных данных, изображений, видео и другой информации, получаемой датчиками БПЛА, со скоростями от 10,7 Мбит/с, а в перспективе – до 274 Мбит/с, на расстояниях до 200 км [14].

В-третьих – отказ от использования радиоспектра при передаче данных и переход на оптические каналы. Так, французское оборонное агентство предоставило компании EADS контракт на разработку к 2006 году оптического канала связи между перспективным БПЛА и КА на геостационарной орбите. Канал будет задействоваться для защищенной передачи информации между БПЛА и удаленным центром управления. Предполагается на начальном этапе обеспечить связь через КА со скоростью порядка 50 Мбит/с, в последующем – порядка несколько сотен мегабит в секунду [14].

Специалисты управления воздушной разведки США занимающиеся исследованием путей решения проблемы ограниченной пропускной способности систем связи, предусматривают использование [14]:

- общего воздушного радиоканала связи с большой шириной полосы частот для бортовых платформ на основе БПЛА;
- лазерных каналов связи со скоростью передачи данных до 1 Гбит/с, в том числе и в направлениях: БПЛА-ПУ, БПЛА-БПЛА и БПЛА-КА;

- бортового индикатора движущейся цели, который мог бы применяться в качестве «индикаторного протокола» для других бортовых датчиков, благодаря чему сократится время непрерывного наблюдения и, как следствие, – потребность в широкой полосе частот;
- инструментальных средств автоматизации, облегчающих планирование и распределение доступной ширины полосы частот для достижения лучшего возможного результата.

Зарубежные аналитики также указывают разработчикам на тот факт, что использование частотного ресурса является критичным ограничением, поэтому они должны проектировать технику и разрабатывать тактические приемы с таким расчетом, чтобы минимизировать запросы этого ресурса и повысить автономность БПЛА. В настоящий момент БПЛА могут оснащаться полезной нагрузкой самого различного назначения, однако их использование ограничено недостаточной шириной полосы частот для передачи данных заинтересованным потребителям. При этом управление ресурсом связи для БПЛА сопоставимо по значимости с управлением летательным аппаратом или повышением его боевых возможностей [14].

Другим путем преодоления ограничения недостаточной пропускной способности систем связи БПЛА является повышение его автономности за счет использования новейших интеллектуальных технологий. Ведутся исследования [16, 17, 35] по разработке новых тактических приемов применения групп БПЛА на основе роевого интеллекта. Открываются программы направленные на повышение автономности отдельных БПЛА с одновременным улучшением их маневренности. Так, компанией BAЕ Systems (Великобритания) ведется разработка тяжелого ударного БПЛА Taranis. В октябре 2007 года компания объявила о завершении работ по созданию для него полностью автономной системы управления, которая позволит аппарату самостоятельно проводить все основные этапы полета – как в воздухе, так и при посадке. Скоростной ударный Taranis станет одним из крупнейших боевых БПЛА в мире. Предполагается, что он сможет наносить удары в стратегической глубине обороны противника, самостоятельно разведывать цели и уничтожать их после подтверждения оператором, будет способен самостоятельно защищаться от действий авиации противника – как пилотируемой, так и беспилотной.

Для повышения живучести, помимо увеличения автономности, возможно кардинально нарастить скоростные возможности БПЛА. Так, в настоящее время ведется разработка прототипов гиперзвуковых БПЛА. Косвенным показателем сложности проблем разработки в этой области служит тот факт, что несмотря на то, что Lockheed Martin обсуждала свой проект SR-72 Mach 6.0 с экспертами по двигателям из фирмы Aerojet Rocketdyne в течение нескольких лет, конечный продукт в виде разведывательного БПЛА для прорыва ПВО, по данным компании, будет готов не ранее 2030 года. Известно только, что турбинные двигатели сначала смогут придать ускорение аппарату SR-72 примерно до 3 М (скорость, достигнутая предыдущим проектом SR-71 Blackbird), а последующее использование на БПЛА гиперзвуковых воздушно-реактивных двигателей увеличат затем эту скорость вдвое [19].

Для работы в пределах атмосферы гиперзвуковые БПЛА могут появиться как побочный продукт проекта по экспериментальному космическому самолету XS-1, над которым работают DARPA, а также компании Boeing и Northrop Grumman [19].

Касаемо использования технологии снижения признаков заметности (технология стелс), нужно отметить, что БПЛА RQ-170 Sentinel компании Lockheed Martin несомненно проектировался с учетом двух аспектов: он должен иметь достаточный уровень живучести, чтобы летать над такими странами, как, например, Иран, но при этом его потеря не должна иметь больших последствий. Это делает его первым недорогим БПЛА, на котором используется технология снижения заметности. Предполагается, что он поступил на вооружение ВВС США в 2007 году и был развернут на базах в Афганистане и Южной Корее, возможно, для мониторинга ядерных разработок в соседних странах. Кроме того, в настоящее время на вооружение ВВС США принят разведывательный БПЛА RQ-180 с управляемыми сигнатурами, который создан компанией Northrop Grumman (БПЛА представляет собой дозвуковое летающее крыло в стиле B-2). Предполагается, что контракт на разработку RQ-180 был получен в 2008 году, первые поставки прошли в 2013 году, а аппарат мог быть поставлен на вооружение в 2015 году [19].

Остро стоит вопрос с повышением живучести БПЛА при преодолении зоны ПВО. С целью защиты БПЛА от ракет с инфракрасным наведением систем ПВО и переносных зенитно-ракетных комплексов, компания Elbit Systems разработала лазерную систему управляемого противодействия ИК-средствам mini-Music. Атакующая ракета вначале определяется системой предупреждения о ракетной атаке, затем захватывается тепловизионным автоматом сопровождения, что позволяет направить лазерный луч точно на атакующую ракету и тем нарушить функционирование ее системы наведения. Вполне возможно, что крупные БПЛА могут в будущем иметь некую систему оборонительных микро-ракет или перехватчиков, аналогичных комплексу активной обороны для вертолетов Helicopter Active Protective System (Haps), разработанному компанией Orbital ATK для защиты от РПГ [19].

Важным направлением развития тактики применения БПЛА считаются совместные (групповые) действия пилотируемых аппаратов и беспилотных систем различных типов. По оценкам американских специалистов, обеспечение возможности получения экипажами пилотируемых аппаратов информации о целях или потенциальных угрозах от бортовых разведывательных систем БПЛА считается одним из перспективных путей снижения потерь армейской авиации. Кроме того, реализация такого взаимодействия позволит увеличить глубину ведения разведки и обеспечит своевременное принятие решения на атаку цели или выполнение маневров обхода зон поражения огневых средств ПВО противника. Операторы вооружения пилотируемых объектов, оснащенных унифицированной аппаратурой управления армейскими беспилотными аппаратами, смогут задавать маршрут полета БПЛА, режим работы разведывательных систем, а в перспективе – выдавать целеуказание и команды на применение их бортового вооружения [22].

В данном направлении в Вооруженных силах США разрабатывается концепция комбинации пилотируемых и беспилотных средств «Manned-Unmanned Teaming» (Mum-T или просто Mut), в которой пилоты вертолетов (таких как Boeing AH-64 Apache и Bell OH-58D) могут контролировать БПЛА (такие как MQ-1C Gray Eagle General Atomics, MQ-5B Hunter Northrop Grumman, RQ-7B Shadow Textron Systems, RQ-11B Raven и Puma AE от AeroVironment), определять их маршруты, управлять их сенсорами и получать информацию от них. Это достигается за счет постепенно повышающихся уровней функциональности оборудования пилотируемой авиации. Например, вертолет AH-64D Block II имеет оборудование, позволяющее принимать видео с БПЛА в полете и управлять его сенсорами. Вертолет AH-64E Guardian (бывший AH-64D Block III) получил уже более совершенное оборудование, позволяющее пилоту, кроме других функций, еще и контролировать траекторию полета БПЛА. По сути, концепция совместных действий пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов Mut позволяет приближаться к вражеским целям без риска для контролирующего БПЛА вертолета, при этом, обеспечивая экипаж вертолета высококачественной картинкой цели, которая будет атакована, получаемой в реальном времени. Планируется, что в долгосрочной перспективе за счет применения БПЛА вертолет AH-64E вберет в себя задачи вооруженного разведывательного вертолета OH-58D [20].

Своего рода уникальной концепцией является программа Gremlin, разработанная DARPA Министерства обороны США. Данной программой транспортным самолетам и бомбардировщикам отводится роль «воздушных авианосцев», запускающих с безопасного расстояния множество небольших универсальных БПЛА которые будут выполнять боевые задачи в воздушном пространстве, а затем возвращаться на «самолет-матку». В конце 2014 года DARPA обнародовало техническое задание на ОКР по разработке таких систем в течение 4 лет. В 2016 году DARPA выделило на программу Gremlin первые 8 млн. долларов [20].

Программа Team-US (Technology for Enriching and Augmenting Manned-Unmanned Systems – технология расширения и дополнения пилотируемо-беспилотных систем) – это еще один радикальный подход DARPA к будущим сценариям воздушного боя. Программа Team-US предусматривает, что пилотируемые самолеты четвертого и пятого поколений смогут управлять «стаями» недорогих «ведомых БПЛА», которые будут вести наблюдение, проводить атаки с помощью средств РЭБ, а также осуществлять доставку боеприпасов к наиболее опасным целям, таким как средства ПВО. На программу Team-US управление DARPA запросило 12 млн. долларов на 2016 год [20].

Исследовательская лаборатория ВВС США также работает над концепцией «доступного, функционального БПЛА, который не очень жаль потерять» (англ. термин «attritable»), запускаемого с воздушного судна. При этом стоимость одного такого БПЛА не должна превысить 3 млн. долларов [20].

Одной из основ применения «стаи» БПЛА является программа DARPA под обозначением Code (Collaborative Operation in Denied Environments – совместная работа в запретных пространствах). В соответствии с ней один человек сможет контролировать шесть и более БПЛА, оборудованных системой «общей автономности» для поиска и уничтожения общих целей [20].

Еще одна прорывная программа, разрабатываемая DARPA, получила обозначение Tern. В ней использованы решения, которые позволят БПЛА класса Male (medium-altitude, long-endurance – средневысотный, большой продолжительности полёта) с разведывательными и ударными возможностями действовать (даже при сильном волнении моря) с американских боевых кораблей передового базирования, которые не имеют взлетной палубы, а имеют палубу таких же размеров, как у эсминца класса Arleigh Burke. При этом ВМС США заинтересованы в работе БПЛА Tern также с боевыми кораблями прибрежной зоны Littoral Combat Ships (LCS), десантно-вертолётных транспортных доков (LPD), десантных кораблей-докков (LSD) и грузовых кораблей Командования военно-морских перевозок ВМС. В окончательном виде БПЛА Tern будет способен вести патрулирование в зоне радиусом до 925 км в течение более чем 10 ч и доставлять полезный груз на расстояние до 1700 км, что (если это будет реализовано) позволит достигать ему с моря до 98% всей площади суши. Предполагается, что БПЛА Tern будет использоваться для разведки и наблюдения, а также для решения ударных задач в глубине суши без задействования передовых баз или без помощи других стран. Поскольку заметность здесь не упоминается, то, по-видимому, эта концепция предусматривает неожиданные атаки и действия в регионах со слабо развитыми системами ПВО и РЭП противника. Основные решения системы Tern относятся к системе запуска и возвращения БПЛА, но DARPA также заинтересовано в разработке компактной схемы размещения аппаратов, роботизации палубных манипуляций с БПЛА, а также автоматизации их обслуживания и предполетной подготовки. Целью программы является демонстрационный полет прототипа БПЛА Tern в 2017 году [20].

Обсуждение возглавляемых DARPA работ по перспективным БПЛА, было бы неполным без упоминания о программе по созданию аппарата вертикального взлета и посадки X-Plane (стоимость 130 млн. долларов, срок 52 месяца), хотя она нацелена на технологию, которая в равной мере может быть применена и к пилотируемому аппарату. DARPA планирует разработать демонстрационный образец, который сможет достичь скорости 550-750 км/ч, эффективности зависания более 60%, коэффициента аэродинамического качества в крейсерском полёте как минимум 10 и полезной грузоподъемности равной, по меньшей мере, 40% от его общей массы 4500-5500 кг. Соответствующие 22-месячные контракты на этап 1 программы X-Plane были выданы в октябре 2013 года компаниям: Aurora Flight Sciences, Boeing, Karem Aircraft и Sikorsky Aircraft (объединилась с Lockheed Martin Skunk Works). Проект Phantom Swift компании Boeing имеет два подъемных винта, спрятанных в фюзеляже, и два поворотных винта на концах крыльев в направляющих насадках. Концепция Sikorsky Rotor Blown Wing представляет

собой самолет с вертикальным взлетом и посадкой, садящийся на хвост. Проект компании Karem имеет поворотные несущие винты в середине крыльев, а внешние крылья поворачиваются вместе с несущими винтами. Что касается проекта компании Aurora, то кроме его названия Lightning Strike больше об ее проекте ничего не известно. Эти четыре претендента должны были подать предварительные проекты в конце 2015 года, после чего DARPA планировало выбрать одного подрядчика на создание технологического демонстратора X-Plane, который должен осуществить первый полет в феврале 2018 года [20].

Проблемы ВС США, связанные с безопасностью в Афганистане и Ираке, привели к пониманию актуальности систем круглосуточной воздушной разведки с высоким разрешением. Это сделало актуальным разработку БПЛА с высокой продолжительностью полета – в течении нескольких дней.

В 2007 году компания Aurora Flight Sciences была выбрана Исследовательской лабораторией ВВС США для проведения исследования по сверхдолгому полету и определения возможности для БПЛА с неподвижным крылом предложить альтернативу концепциям аппаратов легче воздуха (дирижаблям). В результате исследований появился одномоторный БПЛА-прототип Orion массой 3175 кг, работающий на водороде и предназначенный для совершения крейсерских полетов на высоте 20 км длительностью более суток с грузом 180 кг. В результате дальнейшего развития проекта Orion был разработан БПЛА категории Male массой 5080 кг со сдвоенным дизельным двигателем Austro и размахом крыльев 40,2 м. БПЛА Orion в настоящее время способен совершать полеты с крейсерской скоростью в течение 120 ч с грузом 450 кг, но на высоте до 6 км, что естественно сокращает площадь обзора. В декабре 2014 года прототип БПЛА Orion с балластным грузом 450 кг выполнил полет на высотах до 3000 м продолжительностью 80 ч. Полет был прекращен досрочно в связи с достижением запланированной дальности полета. По оценкам экспертов, БПЛА Orion способен барражировать в воздухе 114 ч (4,75 дня) в радиусе 800 км. При расширении радиуса барражирования до 4800 км продолжительность полета сокращается до 51 ч. Этот БПЛА может быть сконфигурирован таким образом, чтобы нести под каждым крылом груз массой до 450 кг, что позволяет получить определенные ударные возможности. Дальность перегоночного полета составляет 24 000 км. Скорость крейсерского полета составляет 125-160 км/ч, а форсажная скорость 220 км/ч. БПЛА Orion может стать экономически целесообразной заменой невооруженному БПЛА Predator [20].

Для увеличения продолжительности полета на высоте до 20 км БПЛА использует двигатели на водородном топливе.

Уменьшенный демонстрационный образец Phantom Eye от компании Boeing массой 4450 кг имеет размах крыльев 45,7 м и два 2,3-литровых двигателя Ford с турбонаддувом мощностью 112 кВт, которые работают на жидком водороде, закаченном в два сферических бака диаметром 2,44 м. Аппарат должен оставаться в воздухе 4 дня на высоте до 20000 м с грузом массой 240 кг. Прототип Phantom Eye совершил свой первый полет в июне 2012 года. Следующий полет проходил на высоте 8500 м и длился порядка 5 ч.

Компания Boeing продолжает испытания, стремясь увеличить продолжительность полета и достигнуть высоты как минимум 20 км. В случае успеха эта программа может продолжиться в виде заказа на постройку полноразмерного аппарата Phantom Eye с размахом крыльев 64 м, который сможет оставаться в воздухе до 10 дней с грузом 450 кг. Заявлено, что четыре таких аппарата смогут обеспечить непрерывную зону радиосвязи на локальном ТВД [20].

В этом же классе, что и маломасштабный демонстрационный образец Phantom Eye, находится аппарат от AeroVironment Global Observer GO-1, имеющий размах крыльев 40 м и один двигатель, работающий на водороде. Впрочем, в этом БПЛА двигатель питает электрогенератор, который подает энергию на 4 электродвигателя, которые, в свою очередь, вращают винты, установленные на кромке крыла. По задумке разработчика, GO-1 должен оставаться в воздухе до 5 дней на высоте до 20 км с полезным грузом 170 кг. Прототип GO-1 совершил первый полет в январе 2011 года, но 3 месяца спустя на 19-м часу своего девятого полета потерпел крушение. В декабре 2012 года Пентагон прекратил финансирование проекта. Однако, компания AeroVironment достроила второй прототип и в феврале 2014 года вместе с Lockheed Martin вышла на международный рынок с БПЛА Global Observer, дав ему определение «атмосферная спутниковая система» [20].

БПЛА с неподвижным крылом и водородными поршневыми двигателями, в конечном счете, имеют хорошие перспективы достижения высокой продолжительности полета на больших высотах, но рекорды по продолжительности полета и установившейся высоте среди БПЛА удерживают аппараты на солнечных батареях [20].

Так, БПЛА Zephyr Seven, разработанный британской компанией Qinetiq, в июле 2010 года установил официальный рекорд по продолжительности полета для пилотируемой/беспилотной авиации – 336 ч и 22 мин. Он также установил рекорд среди БПЛА по установившейся высоте – 21575 м. БПЛА Zephyr Seven имеет размах крыла 22,5 м, взлетную массу 53 кг, грузоподъемность 10 кг. Он способен летать с крейсерской скоростью 55 км/ч и форсажной скоростью 100 км/ч [20].

В конце 2013 года южнокорейская организация по оборонным закупкам DAPA (Defense Acquisition Program Administration) объявила о планах разработки к 2017 году сверхлегкого БПЛА на солнечных батареях, который будет выполнять такие задачи, как, например, ретранслятор связи. БПЛА должен оставаться на боевом дежурстве в воздухе в течение 3 дней на высоте 10-50 км. Бюджет этой программы составит 42,5 млн. долларов [20].

Тем временем американское управление DARPA проявило интерес к разработке БПЛА на солнечных батареях, который мог бы вести мониторинг военной и коммерческой активности к северу от Полярного круга в течение более 30 дней, отслеживая воздушные, наземные и подводные цели. И это при том, что круглогодичная работа БПЛА на солнечных батареях на таких высоких широтах очень затруднена.

Таким образом, США и ряд других технологически развитых стран, уже сейчас добились ощутимых результатов в области робототизации своих вооруженных сил. В них уже сегодня состоят на вооружении как тактические, так и стратегические комплексы БПЛА разведывательного и ударного назначения. Вместе с тем абсолютно неправильно сводить всю деятельность по оснащению вооруженных сил робототехническими комплексами исключительно к БПЛА. Как свидетельствует мировой опыт, это только первый и не самый сложный шаг [6].

3 Наземные робототехнические комплексы

3.1 Общая характеристика задач наземных робототехнических комплексов

Планы DARPA Минобороны США состоят в том, чтобы в 2015 году одна треть транспортных средств была построена на основе робототехнических систем. А к 2025 году планируется переход к полноценной робототехнической армии.

Наземные роботизированные комплексы сухопутных войск, по мнению специалистов, способны решать широкий спектр задач, основными из которых являются [13]:

- обнаружение, обследование и обезвреживание мин, фугасов и самодельных взрывных устройств;
- ведение разведки и наблюдения;
- вскрытие позиций снайперов, огневых средств, засад и систем наблюдения противника;
- обследование зданий, сооружений и отдельных объектов;
- доставка материально-технических средств по месту назначения.

До недавнего времени основные робототехнические комплексы для Вооруженных сил США разрабатывались в рамках программы FCB. Однако, несмотря на то, что она закрыта, разработка инновационных средств вооруженной борьбы, включая системы управления и связи, а также большая часть робототехнических комплексов и БПЛА была сохранена в рамках новой программы модернизации боевых бригадных групп. В рамках этой программы осуществляется разработка [8]:

- разведывательных сигнальных приборов;
- автономной ракетной и разведывательно-ударной систем;
- БПЛА;
- разведывательно-дозорных, ударно-штурмовых, портативных, а также легких дистанционно-управляемых машин для инженерного и тылового обеспечения.

При этом к наиболее массово-выпускаемым видам наземных робототехнических систем относят дистанционно-управляемые машины.

3.2 Дистанционно-управляемые машины

В настоящее время большинство наземных роботизированных комплексов состоят из дистанционно-управляемой машины (ДУМ) и пульта управления. Дистанционно-управляемые машины, применяются для решения задач разведки местности, обнаружения взрывных устройств, разминирования и других задач [13].

Из состоящих на вооружении США ДУМ самой легкой и малоразмерной считается Recon Scout (вес – 1,3 кг, длина – 200 мм, оборудована видео- и ИК-камерой).

Одним из представителей гусеничных роботизированных мини-машин является First Look 110 (вес – 2,2 кг; размеры – 250×230×100 мм; оборудована 4 видеокамерами с подсветкой) [8].

ДУМ SpyRobot выпускается в двух вариантах – с шасси 4×4 и 6×6 (вес – 5 кг, разведывательная аппаратура включает тепловые и оптические датчики, а также радиолокационную станцию с синтезированной апертурой). Основными задачами этого робота являются разведка в городских условиях, использование датчиков различного назначения в заданном районе, участие в поисковых операциях, разведка возможных засад и обнаружение слабых мест в обороне противника [8].

В результате модернизации машины SpyRobot была создана ДУМ Dragon Runner для разведки местности в радиусе эффективной дальности стрельбы стрелкового оружия (вес – 9 кг, размеры – 230×200×75 мм, оборудован ИК-датчиками и видеокамерой) [8].

Другим классом роботов является ДУМ Warrior 710 (вес – 157,4 кг). Она предназначена для обнаружения, транспортирования и обезвреживания взрывоопасных предметов, расчистки завалов, проделывания проходов и подъема тяжестей [8].

Робот PackBot выполнен на гусеничной платформе. Он успешно применялся в Ираке и Афганистане для обнаружения с помощью видеокамер взрывных устройств и неразорвавшихся боеприпасов. Именно самоходные гусеничные роботы проводили замеры уровня радиации внутри энергоблоков АЭС «Фукусима» на территории Японии в апреле 2011 г. Совершенствуя PackBot, компания-разработчик оснастила этот образец комплектом обнаружения снайпера, усилив тем самым его разведывательные возможности. Новая модификация робота (вес – 2,5 кг) получила название REDOWL (Robotic Enhanced Detection Outpost With Lasers), в переводе с английского (red owl) – «красная сова». Он оборудован лазерным дальномером, звукоулавливающим оборудованием, тепловизорами, GPS-приемником и 4 автономными видеокамерами. По сообщениям западных открытых источников, характеристики образца позволяют прочесть надпись на именном жетоне военнослужащего с расстояния 100 м, а также вести наблюдение ночью и в неосвещаемых помещениях и обеспечивать лазерную подсветку цели на дальность около 1,6 км, определять местоположение снайпера до и после выстрела с вероятностью 0,9 на удалении до 900 м. При этом оператор имеет возможность осуществлять целеуказание не только пехотным подразделением,

но и сообщать координаты позиции снайпера артиллерийскому или авиационному подразделению для нанесения точечного удара [13].

Машина разминирования MV-4 (или M160) массой 5,32 т предназначена для нейтрализации (обезвреживания) противопехотных мин и неразорвавшихся боеприпасов. Дистанционное управление этим средством предусмотрено на расстоянии до 2 км. Другим примером ДУМ разминирования некоторых типов противопехотных и противотанковых мин является модель ABV (Assault Breacher Vehicle). По своим габаритам эта машин сравнима с танком «Абрамс». Появление полностью автономного варианта ДУМ ABV ожидается после 2025 года [8].

Самым крупным боевым роботом в настоящее время можно считать ДУМ Black Knight (вес – 9,5 т, размеры – 5×2,4×2 м). Для автономного движения робота используется видеокамера, стерео- и ИК-камеры, лазерные локаторы, а также приемник сигналов космической радионавигационной системы «Навстар». Вооружение этой ДУМ включает 25- или 30-мм автоматическую пушку со спаренным 7,62-мм пулеметом [8].

Также необходимо упомянуть еще о двух работах, которые разрабатывались в рамках программы FCB – MULE и SUGV.

Многоцелевая ДУМ MULE («Мул») разрабатывается компанией «Локхид-Мартин» на базе легкой платформы 6×6 в трех вариантах [8].

1. Транспортный MULE-T.
2. Штурмовой MULE/ARV-A(L), который планируется использовать для атак на укрепления противника и для обеспечения огневой поддержки наземных войск. Его предполагается оснастить противотанковыми управляемыми ракетами (ПТУР), 7,62-мм пулеметом (либо 30-мм пушкой, либо 40-мм гранатометом) и оптоэлектронными сенсорами. Аппарат будет в состоянии идентифицировать цели. Машина обладает самостоятельной навигацией и может перемещаться автономно.
3. Противоминный MULE-C, который создается для проделывания проходов в заминированных зонах.

Наземный малогабаритный переносной дистанционно управляемый аппарат SUGV предназначен для обезвреживания взрывных устройств, разведки и обнаружения противника в труднодоступных местах. Это первый робот, который полностью соответствует требованиям пехотных подразделений [8].

На вооружение 3-й пехотной дивизии уже поступают первые боевые роботы SWORDS. Данный робот создан компанией Фостер-Миллер TALON Робот. По утверждению производителя, робот предназначен для действий в городе, способен преодолевать песок, воду и снег до 0,3 м глубины, а также осуществлять подъём по лестнице. Он рассчитан на 8,5 ч работы от батарей в нормальном эксплуатационном режиме, а также в режиме ожидания до 7 суток. Контролируется оператором на расстоянии до 1 км. Весит около 45 кг. Есть целый ряд различных видов оружия, которые могут быть размещены на SWORDS: винтовки M16, 5,56-мм SAW M249, 7,62 мм пулемёт M240,

шестиствольный 40-мм гранатомёт или четырёхствольный 66 мм M202A1 FLASH. Успешно применялся в Афганистане и Ираке.

К 2020 году в США планируют разработать робота, который будет сопровождать военнослужащего, при этом управление будет голосовым и жестами [11, 12].

Разработку дистанционных роботехнических систем ведут не только в США. В данном направлении работают и другие технологически развитые страны. Среди тех стран, которые ведут разработки наиболее активно следует назвать – Израиль и Южную Корею.

В Израиле автоматизация боевых действий уже стала основной тенденцией. Вдоль 60-километровой полосы Газа в настоящее время устанавливаются роботы-снайперы. Разработанные израильским военным концерном Rafael стационарные системы See-Shoot оснащены автоматическими пулеметами с камерами. Дальность их боя достигает 1500 м [9].

Сразу две израильские компании заняты разработкой автономных патрульных автомобилей, способных совершать регулярные объезды по периметру заданной местности, фиксируя любые изменения и самостоятельно преодолевая преграды, одновременно передавая информацию на контрольный пункт. Первым объектом охраны, на котором будут использованы автономные патрульные автомобили, судя по всему, станет аэропорт имени Бен-Гуриона. На данный момент эти автомобили безоружны, однако, согласно оценкам специалистов, уже в ближайшем будущем на них можно будет ставить системы вооружений. Авторы проектов считают, что за подобными автомобилями – будущее патрульной службы. Они не устают, не теряют бдительности, не засыпают за рулем, и их уничтожение не влечет за собой потерь в человеческих жизнях [9].

На авиасалоне в Ле-Бурже в 2008 году компания «Эльбит Маарахот» представила первого в мире действующего боевого робота VIPeR, предназначенного для ведения боевых действий в городских условиях. Робот способен самостоятельно вести огонь и метать различные виды гранат. Его вес – 12 кг, длина – 36 см, ширина — 36 см, а высота – 22 см. Управление роботом дистанционное. Он способен подниматься по лестницам и преодолевать препятствия, параллельно отслеживая все, что происходит вокруг. VIPeR вооружен специально сделанным для него мини-вариантом пистолета-пулемета «Узи» калибром 9 мм, на котором установлен лазерный прицел. Согласно идее создателей, робот, имеющий небольшой вес, переносится одним из солдат боевой группы и включается, когда есть необходимость в проникновении в здание [9].

На выставке TADTE (Taipei Aerospace & Defense Technology Exhibition) в 2015 году министерство обороны Тайваня представило новую ДУМ, предназначенную для повышения живучести и огневой мощи подразделений тайваньской армии [28]. Прототип легкой дистанционно-управляемой боевой машины RCLCV (Remote-Controlled Light Combat Vehicle), разработанный 209-ым военным заводом в сотрудничестве с Университетом Ченг Шу, предназначен для обеспечения поддержки подразделений в боевых операциях и

может развертываться в составе мотопехотного отделения с бронетранспортера CM-32 Cloud Leopard. Разработчики представили два разных варианта, базирующиеся на шасси гусеничного вездехода массой 200 кг [28]:

- платформа вооружения для поддержки ближним огнем;
- робот предназначенный для выполнения опасных боевых задач, например обезвреживания взрывоопасных предметов, обнаружения мин и эвакуации пострадавших.

Вариант огневой поддержки имеет стабилизированную опору, которая может принять различное вооружение, включая 5,56-мм легкий пулемет M249, 7,62-мм пулемет T74 местного производства, а также 12,7-мм крупнокалиберный пулемет QCB. Для борьбы с транспортными средствами на ДУМ можно установить легкий противотанковый гранатомет M72 или французский легкий гранатомет APILAS. Кроме основного вооружения машина огневой поддержки также оборудована встроенной системой дневных/ночных камер и лазерным дальномером, которые передают на консоль оператора видео и тактические данные в реальном времени [28].

3.3 Робототехнические комплексы сопровождения и тылового обеспечения

Помимо роботов для непосредственного участия в боевых действиях, инженерами США и других технологически развитых стран активно прорабатываются вопросы использования робототехнических средств для решения небоевых задач, таких как: тыловое и медицинское обеспечение, сопровождение грузов и др. Вскоре на каждого американского солдата может приходиться до 10 роботов обеспечения, способных на многое – от патрулирования местности и транспортировки снаряжения до прикрытия солдат на поле боя.

Так, между агентством передовых оборонных технологий Пентагона, и DARPA в 2010 году был подписан контракт на разработку для морской пехоты системы поддержки отряда LS3 (Legged Squad Support System), больше известную как AlphaDog или BigDog. Планировалось, что данная система позволяла бы перемещать по пересечённой местности грузы, предназначенные для снабжения участвующих в боевых действиях подразделений спецназа и морской пехоты [29].

Робот-мул BigDog должен переносить на себе грузы массой до 180 кг на дальность до 32 км. Кроме того, его можно использовать в качестве источника энергии для портативных устройств. Однако затраченные на создание робота 42 млн. долларов не окупились. Испытания, проведенные летом 2014 года в ходе учений «Римпак-2014», выявили у него ряд проблем. «Проведённые учения с использованием роботов BigDog показали, что их применение затрудняет действия подразделений при выполнении боевых заданий. Связано это в первую очередь с ограниченными возможностями этих роботов, – заявил представитель корпуса морской пехоты К. Олсон. Кроме этого, это слишком шумный робот, который полностью демаскирует позиции и перемещения морских пехотинцев».

Командование морской пехоты не устроила и облегчённая версия робота BigDog – Spot. Его нагрузка не более 18 килограммов, и поэтому он не подошёл морпехам в качестве транспортного средства, хотя у он обладает рядом достоинств. На испытаниях Spot карабкался по каменистым холмам, продирался через лесную чащу и ориентировался в условиях городских улиц. Дистанционно управляемый робот примерил на себя и роль разведчика, изучая обстановку, до того как в здание войдут солдаты. Управление осуществляется с помощью обычного игрового контроллера от приставки Xbox, подключённого к ноутбуку [29].

Несмотря на успешное создание прототипов BigDog и Spot, DARPA отказалось от проекта робота LS3. Однако технологии, отработанные при их создании компанией Boston Dynamics, заинтересовали корпорацию Google. Созданные новые технологии дают ей хорошую возможность работать по другим направлениям. Опять-таки по заказу DARPA она совершенствует уже созданных ею человекоподобных роботов Atlas (Agile Anthropomorphic Robot) и PETMAN (Protection Ensemble Test Mannequin) [29].

Atlas предназначен для передвижения по пересечённой местности. Робот передвигается на двух ногах, может использовать руки для переноса груза или при карабкании на вертикальные препятствия. Рост робота составляет 188 см, ширина плеч – 76 см, вес – около 150 кг. PETMAN используется для тестирования защитных костюмов. Он симулирует дыхание, потоотделение и изменения температуры тела в зависимости от количества и типа физических нагрузок. Очевидно, что его дальнейшее усовершенствование может открыть путь к разработке нового поколения человекоподобных роботов [29].

Недавно Boston Dynamics получила официальный контракт от американского оборонного института Sandia на создание военного робота PUN (Precision Urban Hopper – «высокоточный городской кузнечик»). По замыслу заказчиков, полнофункциональный PUN будет представлять собой небольшого четырёхколёсного робота, способного автономно перемещаться и даже перепрыгивать через препятствия. Мощная толчковая «нога» позволит ему преодолевать преграды высотой до 7,5 м! Лёгкая колёсная платформа PUN идеально подходит для передвижения в городских условиях и позволяет доставить необходимый груз в нужную точку [29].

Следует подчеркнуть, что Boston Dynamics далеко не единственная американская компания, с которой Пентагон сотрудничает в сфере военной робототехники. Об этом свидетельствует хотя бы тот факт, что среднегодовой объём финансирования НИОКР и закупок только наземных роботов будет составлять в ближайшие годы порядка 1,3-1,5 млрд. долларов. Таким образом, несмотря на нынешнюю экономическую непривлекательность многих проектов, а иногда и их бесперспективность, как это произошло с роботом BigDog, Пентагон продолжает проводить долгосрочную политику в области роботизированных и беспилотных средств вооружённой борьбы. Расчёт делается на то, что это позволит не только снизить численность армии, но и значительно повысить её боевые возможности [29].

4 Морские робототехнические комплексы

4.1 Общая характеристика надводных и подводных робототехнических комплексов

В настоящее время ведущими технически развитыми странами и, прежде всего, США в интересах ВМС активно ведутся работы в области создания безэкипажных наводных платформ и необитаемых подводных аппаратов. При этом, если в области создания полноценных необитаемых наводных платформ успехи, пока, достаточно скромны, то в области создания необитаемых подводных аппаратов (НПА) наметился ряд прорывных разработок. По всей видимости, в ближайшем будущем стоит ожидать прорыва в развитии НПА, сходного с революционным развитием и внедрением БПЛА.

За последние два-три десятилетия в различных странах, занимающих ведущее положение в области морских технологий, было создано значительное количество НПА военного назначения. За этот период НПА не только продемонстрировали свою эффективность при выполнении разведывательных, противоминных и обзорно-поисковых работ, но и открыли ряд новых важных применений. Достижения в науке и появление новых технологий непрерывно расширяют сферу применения НПА, и за последние 5-10 лет количество разработок автономных НПА выросло более чем 2 раза. На начало 2007 г. в мире насчитывалось более 155 проектов автономных НПА различного назначения. Однако их общее количество еще невелико и оценивается специалистами в пределах 550-650 единиц. Анализ содержания НИОКР Министерства обороны США показывает, что в настоящее время существует не менее 10 крупных целевых программ, ориентированных на создание робототехнических комплексов на основе НПА. В рамках этих программ изучаются, разрабатываются и совершенствуются примерно 65-70 проектов НПА различных типов и размеров, а также формируются военно-технические концепции их применения [10].

Помимо разработки НПА ведутся работы в области создания надводных необитаемых аппаратов, однако, не столь активно. Так, в настоящее время в Израиле ведутся испытания сразу двух видов безэкипажных плавательных аппаратов. Один из них – боевой катер «Протектор» разработки РАФАЭЛ, на который инженеры установили всю необходимую аппаратуру для обнаружения морских целей. Катер создан на базе фибerglassового десантного катера, способного нести более 1 т груза и который предназначен для использования израильскими морскими командос. В настоящее время на нем установлен пулемет калибром 7,62 мм, однако в будущем предполагается, что катер сможет нести значительно более тяжелое вооружение [9].

В 2003 году во время операции «Свобода Ираку» для решения различных задач ВМС США уже применялись необитаемые морские аппараты, а позднее в рамках программы МО США по демонстрации технических возможностей перспективных образцов вооружения и техники в том же Персидском заливе проводились эксперименты по совместному применению аппарата SPARTAN и крейсера УРО «Геттисберг» в интересах ведения разведки [3].

В настоящее время к основным задачам необитаемых морских аппаратов относят [3]:

- противоминную борьбу в районах действия авианосных ударных групп (АУГ), портов, военно-морских баз и др. Площадь такого района может варьироваться от 180 до 1800 кв. км;
- противолодочную оборону, включающую задачи по контролю за выходами из портов и баз, обеспечение защиты авианосных и ударных групп в районах развертывания, а также при переходах в другие районы;
- обеспечение безопасности на море, предусматривающее защиту военно-морских баз и соответствующей инфраструктуры от всех возможных угроз, включая угрозу террористической атаки;
- участие в морских операциях;
- обеспечение действий сил специальных операций (ССО);
- радиоэлектронную войну и др.

Для решения всех вышеуказанных задач могут применяться разнообразные типы дистанционно-управляемых, полуавтономных или автономных морских надводных аппаратов. Так, при решении задач противолодочной обороны 6 надводных автономных морских аппаратов способны обеспечить безопасное развертывание АУГ, действующей в районе 36×54 км. При этом, вооружением гидроакустических станций с дальностью действия 9 км обеспечивается 18-километровая буферная зона вокруг развернутой АУГ.

Помимо степени автономности в ВМС США используется классификация по размерам и особенностям применения, позволяющая систематизировать все разрабатываемые необитаемые морские аппараты по четырем классам [3]:

- X-Class представляет собой небольшой (до 3 м) необитаемый морской аппарат для обеспечения действий ССО и изоляции района. Такой аппарат способен вести разведку для обеспечения действий корабельной группировки и запускаться даже с 11-метровых надувных лодок с жестким каркасом;
- Harbor Class – аппараты такого класса разрабатываются на базе стандартной 7-метровой лодки с жестким каркасом и предназначены для выполнения задач обеспечения морской безопасности и ведения разведки, кроме того, аппарат может оснащаться различными средствами летального и нелетального воздействия. Скорость превышает 35 узлов, а автономность – 12 ч;
- Snorkeler Class представляет собой 7 м полупогружной аппарат, предназначенный для противоминной борьбы, противолодочных операций, а также обеспечения действий ССО ВМС. Скорость аппарата достигает 15 узлов, автономность – 24 ч;
- Fleet Class – это 11 м с жестким корпусом, разработанный для противоминной борьбы, противолодочной обороны, а также участия в морских операциях. Скорость аппарата варьируется от 32 до 35 узлов, автономность – 48 ч.

Аналогичная классификация существует и у НПА.

Сама необходимость разработки и принятия на вооружение морских необитаемых аппаратов для ВМС США определена рядом официальных документов как собственно ВМС, так и вооруженных сил в целом. Это «Морская мощь 21» (Sea Power 21, 2002), «Всесторонний обзор состояния и перспектив развития ВС США» (Quadrennial Defense Review, 2006), «Национальная стратегия морской безопасности» (National Strategy for Maritime Security, 2005), «Национальная военная стратегия» (National Defense Strategy of the United States, 2005) и др. [3].

Широкое внедрение в ВМС США робототехнических комплексов базируется на сетевых технологиях, которые позволяют повысить оперативность и эффективность боевого управления и взаимодействия мобильных соединений флота с силами и средствами морского базирования как в наступательных, так и в оборонительных операциях. Пример включения средств ВМС в общую сеть в соответствии с концепцией «Единая сеть ВМС (FORCEnet)» представлен на рис. 2 [18, 31].

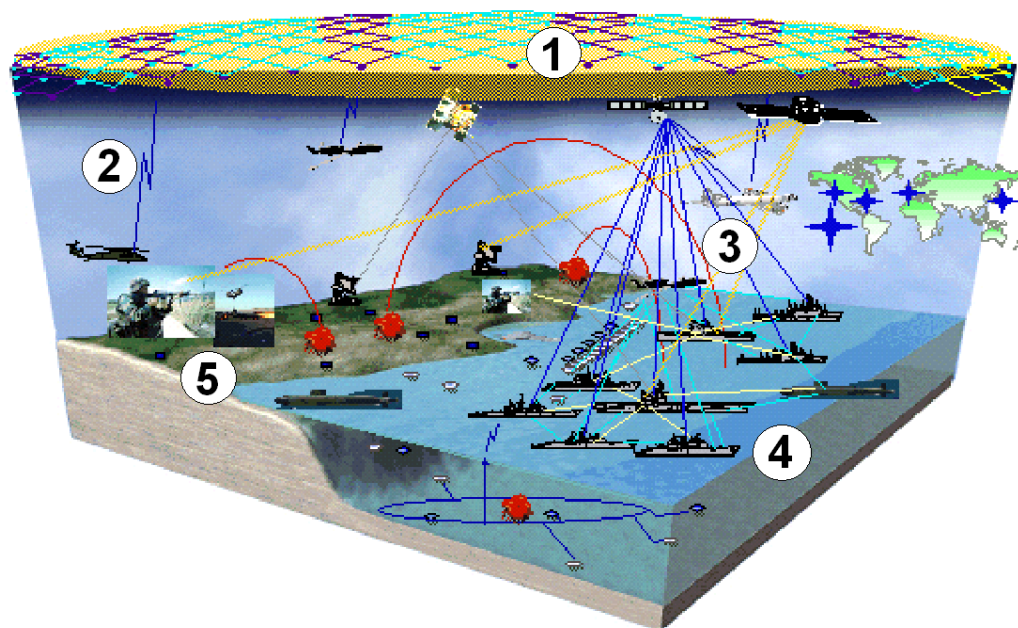


Рис. 2. Реализация концепции «Единая сеть сил ВМС» [31]:

- 1 – единая коммуникационная сеть;
- 2 – ведение непрерывного наблюдения средствами разведки, объединенными в сеть;
- 3 – каналы связи и передачи информации;
- 4 – единая сеть обмена информацией и система идентификации своих сил;
- 5 – полное взаимодействие с другими родами войск и военными структурами.

Отдельная существенная роль в сетевых системе ВМС отводится необитаемым аппаратам, поставляющим информацию о вражеских территориях и акваториях, а также выступающих в качестве боевых платформ. Информация, полученная роботами, поступает на бортовые компьютеры автоматизированной системы боевого управления сил, участвующих в операции, которые находятся в «едином информационном боевом

пространстве». При этом наблюдается характерная тенденция к расширению взаимодействия между необитаемыми подводными и надводными аппаратами и развертываемыми наземными, подводными (находящимися в толще воды), донными, а также воздушными системами необслуживаемых датчиков.

В целом, организация обмена информацией между надводными и подводными датчиками, аппаратами и носителями на основе сетецентрического подхода представлена на рис. 3 [31, 36].

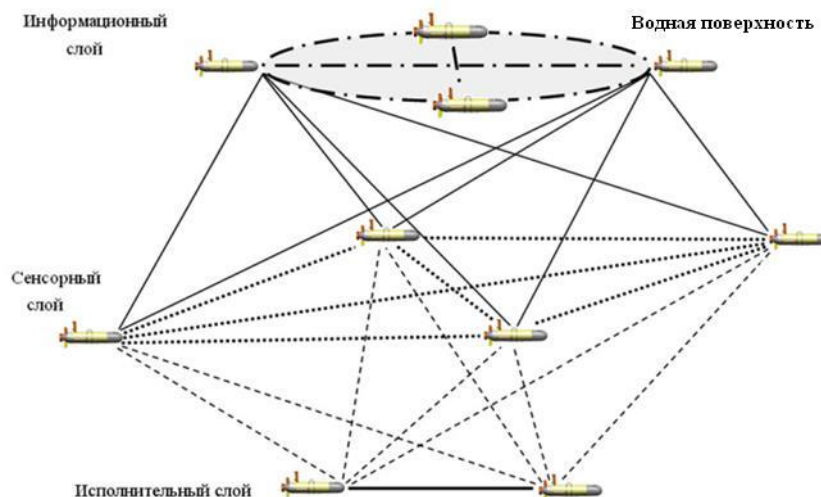


Рис. 3. Организация обмена информацией между надводными и подводными датчиками, аппаратами и носителями на основе сетецентрического подхода [31, 36]

При сетецентрическом принципе управления морскими робототехническими комплексами, информационный слой может состоять из всплывающих на поверхность НПА, надводных роботизированных аппаратов, БПЛА, буев или надводных кораблей обеспечения в различных сочетаниях. Сенсорный слой формируется группой НПА, оснащенных аппаратурой освещения и анализа обстановки, а также многоканальными средствами связи и навигации. В свою очередь аппараты, составляющие исполнительный слой, выполняют конкретные поставленные перед группой НПА задачи (например, физическое уничтожение обнаруженных мин).

Таким образом, в рамках внедрения концепции сетецентрической войны круг задач, возлагаемых на надводные и подводные робототехнические комплексы, существенно расширяется. Во многом это определяется возрастающим значением таких присущих им качеств, как скрытность действий, автономность и способность нести разнообразную полезную нагрузку. В этой связи возможны следующие направления применения надводных и подводных необитаемых аппаратов, которые рассмотрены в работе [10].

1. Скрытное оборудование акваторий театра военных действий, в том числе и в территориальных водах вероятного противника, элементами радиоэлектронных систем различного назначения, а именно:

- системами гидроакустической навигации и связи для обеспечения боевой деятельности подводных лодок, НПА и подводных средств движения подразделений боевых пловцов;
- системами (либо элементами систем) освещения подводной обстановки;
- системами ведения радиотехнической разведки.

2. Применение НПА в качестве элемента системы освещения обстановки:

- размещение на борту НПА гидроакустических станций (ГАС) дальнего обнаружения с гибкой протяженной буксируемой антенной и системой гидроакустической связи для совместных действий с маневренными и стационарными гидроакустическими средствами;
- размещение на борту НПА излучающей антенны для гидроакустической «подсветки» целей;
- размещение на борту НПА ГАС ближнего радиуса действия в интересах обеспечения собственной безопасности.

3. Сбор, обобщение и доставка геофизической информации, в том числе: информации о гидрометеорологическом режиме, гидрофизических и гидролого-акустических полях, геоморфологии морского дна, характере береговой черты и др. в интересах достоверной оценки и прогноза эффективности применения высокоточного оружия. Элементами этой системы могут являться распределенные в пространстве датчики, размещаемые на борту НПА, либо стационарно на грунте, а также дрейфующие в толще воды и на поверхности.

4. Поддержание технического состояния различных систем длительного действия (например, универсальных подводных автономных модулей и станций):

- диагностика их технического состояния;
- коррекция программного обеспечения;
- зарядка источников питания.

5. Защита от несанкционированного доступа к развернутым системам и средствам и их информационным потокам.

6. Обеспечение стыковки информационных потоков, поступающих от различных систем освещения обстановки (радиоэлектронной, гидроакустической, оптоэлектронной и др.), а также глобальных информационных центров и центров управления, с каждой «боевой единицей» (подводной лодкой, надводным кораблем, самолетом, вертолетом, БПЛА, НПА, разведывательно-диверсионной группой).

Ряд возможных применений необитаемых надводных и подводных аппаратов в военных целях проиллюстрирован на рис. 4-7 [31, 37]. На них введены следующие дополнительные обозначения: НК – надводный корабль; ННА – необитаемый надводный аппарат; КА – космический аппарат; ГАС – гидроакустическая станция; ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи; СРНС – спутниковая радионавигационная система.



Рис. 4. Применение НПА и ННА для освещения оперативной обстановки [31, 37]



Рис. 5. Применение НПА в целях противолодочной обороны [31, 37]



Рис. 6. Применение НПА для поиска и уничтожения мин [31, 37]



Рис. 7. Применение НПА при развертывании подводной связи [31, 37]

В ВМС США в рамках внедрения концепции сетецентрической войны за последние 5-10 лет значительная часть программ исследований и разработок была ориентирована на отработку элементов распределенной системы освещения подводной обстановки в прибрежных мелководных районах. По замыслу американских военных, создание такой системы позволит вести продолжительное наблюдение за подводной обстановкой, своевременно обнаруживать и распознавать подводные цели на акватории общей площадью

до 100-200 тыс. км², а ее оперативное развертывание будет обеспечивать эффективное решение следующих задач [10]:

- формирование противолодочных барьеров на маршрутах развертывания подводных сил противника;
- повышение живучести ракетных подводных лодок;
- охрана авианосно-ударных групп, корабельных поисково-ударных групп, десантных соединений и конвоев от многоцелевых подводных лодок противника;
- защита морских коммуникаций от подводных лодок противника;
- подготовка скрытого проведения специальных операций (например таких как: минирование, разведка, наблюдение, высадка диверсионно-разведывательных групп).

Официально объявленной американским военным руководством целью создания распределенной системы освещения подводной обстановки является защита от угроз действия дизельных подводных лодок потенциального противника в своих прибрежных водах. Высокая оперативность ее развертывания в заданных районах будет обеспечиваться подводной лодкой, выступающей в качестве носителя автономных стационарных и мобильных измерительных средств системы [10, 31].

Существующие в США планы развития необитаемых подводных аппаратов предполагают их стремительную интеллектуализацию, которая приведет к возникновению принципиально нового класса устройств, которые смогут самостоятельно производить поиск подводных и надводных объектов противника, идентифицировать их и уничтожать, при этом оставаясь практически незаметными для самого противника (рис. 8).



Рис. 8. План развития морских роботизированных систем США до 2034 года [31, 38]

В генеральном плане развития НПА, выпущенном в 2004 году [39], были обозначены девять высокоприоритетных задач, которые обеспечивают действия в четырех направлениях, определенных планом «Морская мощь 21». В порядке приоритетности данные девять задач представлены ниже [31]:

1. разведка;
2. противоминная борьба;
3. противолодочная оборона (ПЛО);
4. осмотр и идентификация подводных объектов;
5. океанография;

6. обеспечение связи и поддержка навигационных сетей;
7. подводная доставка грузов;
8. информационные операции;
9. обеспечение внезапности удара.

Таким образом, можно констатировать, что текущий этап развития необитаемых морских аппаратов характеризуется созданием базовой основы для долговременного развития этого направления подводной техники. Основные разработки по всем направлениям развития надводных и подводных аппаратов активно проводятся в США, однако целый ряд других стран, в том числе входящих в блок НАТО, также имеют существенные наработки в данной области. При этом реализация планов развития НПА военного назначения может привести к революционным изменениям в конструктивном облике подводных лодок, а также к существенному изменению тактики их действий.

Дополнительные сведения о тенденциях развития и тактико-технических характеристиках необитаемых надводных и подводных аппаратов изложены в работах [3, 9, 10, 30, 31, 32, 43].

4.2 Перспективные разработки разведывательно-ударных необитаемых подводных и гибридных аппаратов

Рассмотрим основные тенденции и перспективные разработки в области создания и применения НПА на основе соответствующих проектов в ВМС США.

Автономный НПА типа «Manta». С 1996 г. НИЦ подводной войны ВМС США – NUWC (Naval Undersea Warfare Center) реализует программу UUVI (Unmanned Undersea Vehicle Initiative), направленную на разработку перспективных автономных НПА нового поколения. Согласно концепции, получившей наименование «Manta», НПА будет способен решать следующие задачи [10]:

- обнаружение и уничтожение подводных лодок, мин и других подводных целей с применением тяжелых и легких торпед, неуправляемых ракет, а, в перспективе, и высокоскоростных (суперкавитирующих) боеприпасов;
- ведение гидроакустической, радиотехнической и оптико-электронной разведки;
- установка быстро разворачиваемых позиционных, мобильных и дрейфующих линейных антенн, низкочастотных гидроакустических излучателей, необслуживаемых подводных датчиков длительного действия и др., а также прибрежных систем обнаружения подводных лодок;
- осуществление широкополосной цифровой звукоподводной связи, управление распределенной сетью датчиков, ретрансляция данных от выдвинутых к побережью систем разведки и обнаружения подводных лодок на корабельные и береговые командные центры и центры тактической поддержки;

- развертывание малогабаритных автономных НПА для решения обеспечивающих и специальных задач;
- сбор гидрологических и океанографических данных, картографирование морского дна в интересах боевого обеспечения действий подводных лодок и надводных кораблей.

Аппаратами типа Manta планируется вооружить атомные подводные лодки типа Virginia, а также многоцелевые атомные подводные лодки перспективных проектов. Эти лодки будут нести 4 разведывательно-ударных НПА, размещенных в носовой части в нишах легкого корпуса. В печати отмечается, что большинство концептуальных и технологических решений, необходимых для реализации с помощью НПА вышеуказанных задач, уже разработано или находится на заключительном этапе разработки. Кроме того, определены две концепции создания НПА Manta [10].

Первая концепция, получившая наименование Proud conformal, предусматривает постройку НПА длиной 15 м, оснащенного 2 маршевыми движителями, 4 подруливающими устройствами, а также бортовым оборудованием управления и энергообеспечения. Аппарат данного типа будет способен нести полезную нагрузку (разведывательно-ударный модуль) массой до 8 т. В состав модуля войдут средства гидроакустической, радиотехнической и оптико-электронной разведки, 6-8 малогабаритных, 2 легкие и 2 тяжелые торпеды, а также их пусковые установки [10].

Вторая концепция, названная Integrated conformal (получила обозначение Super Manta), рассматривает возможность создания аппарата длиной 25 м, водоизмещением 90 т, способного нести полезную нагрузку массой до 14 т [10].

Испытания экспериментального образца НПА Manta ведутся с 1999 г. Исследовались варианты комплектации модуля полезной нагрузки и тактики применения НПА (вплоть до его перезарядки торпедами на плавбазе снабжения атомных подводных лодок). На морских испытаниях двухсторонняя, подводная связь аппарата с обеспечивающим судном осуществлялась с помощью универсального акустического модема, разработанного специалистами института в Woods Hall (скорость передачи данных составила 1,75 кБит/с), затем обеспечивающее судно через спутниковый канал связи ретранслировало полученные данные на береговой узел связи. В 2001 г. исследовались возможности ведения аппаратом радиотехнической и оптоэлектронной разведки. В частности, проводились испытания выдвижного подъемно-мачтового устройства с антенной обнаружения радиолокационных сигналов, разработанного фирмой «Sean Sea Tea». Проводились испытания трех видеокамер: одной – переднего обзора и двух – бокового. Испытывалась инфракрасная аппаратура фирмы «Sensor Unlimited», установленная в верхней части вертикального стабилизатора (ниже ее была вмонтирована обычная видеокамера для сравнения результатов). Изображение подводной обстановки от цифровых видеокамер передавалось по каналу гидроакустической связи на обеспечивающее судно и далее по спутниковому каналу связи ретранслировалось на атомную подводную лодку Prowidens, находящуюся в доке (на данной подводной лодке развернут пост управления НПА). Известно,

что оператор наблюдал изображение подводной обстановки на мониторе, мог управлять маневрированием аппарата и активизировать командами необходимые программы [10].

В одном из вариантов полезной нагрузки разведывательно-ударного НПА Manta предусматривается оснащение его пусковой установкой для скоростных кавитирующих боеприпасов нового образца. На испытаниях в 2002 г. продолжалась отработка вариантов компоновки торпедного оружия, в том числе изучалась способность НПА нести сверхскоростные боеприпасы (программа Supercav). Также исследовались и оценивались с учетом технического риска различные варианты стыковки аппарата с подводной лодкой, проблемные вопросы пуска, управления и обратного приема аппарата на ходу, а также взаимное влияние этих операций на гидроакустические средства подводной лодки и аппарата [10].

В качестве примера гибридного необитаемого аппарата, который можно отнести как к подводному, так и надводному классу, можно привести аппарат, получивший наименование ACTUV (Anti-submarinewarfare Continuous Trail Unmanned Vessel). Общий вес аппарата составит около 157 т. Длина корпуса составит примерно 19 м., при этом корпус судна в рабочем состоянии будет практически полностью погружен под воду, а над поверхностью воды останется только небольшая часть (арка), внутри которой будут расположены системы связи с оператором. Планируется, что судно будет развивать максимальную скорость до 35 узлов при автономности функционирования на срок до 30 суток [10, 40].

4.3 Перспективные разработки многоцелевых реконфигурируемых автономных необитаемых подводных аппаратов

В ВМС США ведется программа разработки многоцелевых автономных НПА – MRUUV (Multi Mission Reconfigurable Unmanned Undersea Vehicle). Они предназначены для применения с подводных лодок и будут способны обеспечивать решение широкого круга задач в интересах корабля-носителя, оперативных формирований флота и высшего командования. Автономный НПА типа MRUUV имеет следующие тактико-технические характеристики: длина 6,06 м, диаметр 0,533 м; масса 1360 кг; предельная глубина погружения 300 м; минимальная рабочая глубина 12 м; скорость хода 8 узлов; мощность гребного электродвигателя 1,5 кВт (один винт в насадке с изменяемым вектором тяги). Автономность аппарата зависит от типа применяемых источников электрической энергии (16 ч с литиево-ионной аккумуляторной батареей и более 60 ч с батареей одноразовых литиевых источников тока). В состав бортового навигационного комплекса входят: ИНС, приемники GPS, доплеровский лаг и гидроакустическая навигационная система. В состав бортовой аппаратуры входят: гидроакустическая система высокоточного картографирования дна и обнаружения препятствий L-PUMA, средства радиотехнической и оптоэлектронной разведки, пассивные и активные ГАС

поиска целей и выдачи целеуказания оружию, а также аппаратура радио- и гидроакустической связи [10].

Аппарат типа MRUUV состоит из 7 отсеков:

- носовая (первая) секция включает сонар и гидроакустическую систему связи;
- вторая секция включает системы управления, навигации, связи и распределения энергии;
- третья секция включает оборудование GPS, спутниковой связи, антенны радиосвязи с подъемно-мачтовым устройством, якорное устройство и носовую балластную цистерну;
- четвертая секция имеет объем для размещения полезной нагрузки объемом до 36 л со стандартными интерфейсами;
- пятая секция включает балластный насос, клапанный блок и кормовую балластную цистерну;
- шестая секция включает источник электрической энергии с обеспечивающими системами;
- седьмая (кормовая секция) включает электродвигатель и ряд вспомогательных систем.

Сами аппараты MRUUV и их корабельное оборудование на период выполнения боевой задачи размещаются на стеллажах торпедного отсека подводных лодок типов Los Angeles и Virginia, что уменьшает боекомплект последних на 8-10 ед. оружия. Запланирована поставка 11 комплексов НПА MRUUV (в состав одного комплекса входит один НПА со сменными отсеками) и дополнительно к ним еще 31 НПА. Завершение этапов НИОКР и испытаний комплекса MRUUV запланировано на 2016 г. На реализацию программы в 2009 году запланировано выделение ассигнований в размере 30,1 млн. долл. [10].

Еще большими возможностями и гибкостью применения будет обладать крупный НПА типа MRUUV-L, разработка которого ведется в рамках второго этапа программы (2007-2014 годы). Этот аппарат, имеющий, по предварительным оценкам, длину до 11 м, ширину до 2 м и массу около 70 т, будет способен развивать скорость хода 18-25 уз. В рамках программы создания многоцелевых реконфигурируемых автономных НПА типа MRUUV-L прорабатываются следующие 7 вариантов их технического оснащения применительно к различным носителям [10]:

- ISR Mission Reconfigurable Modules – модули полезной нагрузки и навесного оборудования для решения задач разведки, освещения надводной и подводной обстановки;
- Detect/Engage Mission Reconfigurable Modules – модули полезной нагрузки для обнаружения целей, целеуказания и наведения оружия, а также комплекс боевого оснащения (минное и торпедное вооружение);
- COMMs Relay Mission Reconfigurable Modules – модули полезной нагрузки для организации надводной и подводной связи (радио и гидроакустические модемы). Предусматривается возможность функционирования оборудования в режимах ретранслятора (т. е. точки

- доступа) и беспроводного телекоммуникационного концентратора (шлюза) для радио- и гидроакустических каналов связи;
- MIW Mission Reconfigurable Modules – полезная нагрузка для решения задач минной войны: выполнение противоминных действий (разведывательный поиск мин и картографирование минных заграждений, уничтожение мин) или постановки минных заграждений;
 - ASW Mission Reconfigurable Modules – модули полезной нагрузки для решения задач противолодочной обороны, включающие аппаратуру и буксируемые средства для обнаружения, классификации и идентификации подводных лодок, средства постановки активных помех и пусковые устройства для легких противолодочных торпед;
 - ASUW Mission Reconfigurable Modules – модули полезной нагрузки для борьбы с подводными лодками противника;
 - Search & Survey Mission Reconfigurable Modules – модули полезной нагрузки для проведения поисковых и осмотровых работ.

Наряду с выполнением перечисленных выше задач, НПА MRUUV-L сможет выступать в качестве носителя малогабаритных БПЛА и мини-НПА, развертывать многочисленные подводные системы, а также эффективно вести сбор и передачу разведывательных данных [10].

4.4 Перспективная система освещения подводной обстановки на основе необитаемых подводных аппаратов

Один из вариантов построения автономной информационно-измерительной сети подводного наблюдения рассматривается в рамках комплексной программы ВМС США – PLUSNet (Persistent Littoral Undersea Surveillance Network). К числу основных задач, решаемых в рамках программы PLUSNet, относятся освещение подводной обстановки [10]:

- отработка способов и технических средств, необходимых для развертывания мобильных и стационарных узлов сети с борта подводной лодки в заданном районе;
- экспериментальная оценка возможностей измерительных средств мобильных и стационарных измерительных средств сети по достоверному и своевременному обнаружению подводных целей в охраняемом районе. (Большой объем исследований по данному направлению выполняется по программе UPS (Undersea Persistent Surveillance));
- демонстрация возможностей автоматического формирования беспроводной сети стационарных и мобильных абонентов, точек доступа, средств сбора и передачи информации с использованием гидроакустических и радиочастотных каналов связи (большая часть технических вопросов в данном направлении отрабатывалась в ходе реализации программы SeaWeb).

В состав стационарных средств, отрабатываемых в рамках проекта PLUSNet, входят следующие компоненты [10]:

- заякоренные подповерхностные буи. Каждый буй оснащен вертикальной многоэлементной протяженной гидроакустической антенной длиной 75 м (пассивная ГАС с вертикальной многоэлементной антенной «Kelp») и малогабаритным гидроакустическим модемом);
- донные станции, каждая из которых имеет две протяженные горизонтальные антенны с гидроакустическими и электромагнитными датчиками (для измерения вектора гидроакустического и параметров электромагнитного полей) и малогабаритный модем гидроакустической связи.

В состав мобильных средств, отрабатываемых в рамках проекта PLUSNet, входит группировка, состоящая из 5 проектов автономных НПА [10]:

- автономные НПА торпедообразной формы с пропульсивными установками на основе гребных электродвигателей (проекты Bluefin 21, BPAUV, Odyssey III и Seahorse);
- автономные НПА планерной формы с системой движения, основанной на изменении собственной (остаточной) плавучести аппаратов (проекты Seaglider, Slocum Glider, XRay).

Автономный НПА «Bluefin 21» является носителем низкочастотной гидроакустической буксируемой антенной решетки, состоящей из 21 низкочастотного гидрофона. «Большой» автономный НПА Sea Horse является носителем низкочастотной пассивной ГАС «LUPA» (с антенной решеткой, размещенной по бортам аппарата). Большой автономный НПА – планер XRay является носителем среднечастотной ГАС, антенные решетки которой вмонтированы в переднюю кромку крыльев аппарата. Автономный НПА – планер Sea Glider является носителем ГАС с направленными гидрофонами, а также датчиков измерения параметров водной среды (температуры, давления и солености) [10].

При боевом применении системы PLUSNet предполагается, что сетевое оборудование должно скрытно доставляться и разворачиваться в непосредственной близости от побережья атакуемой страны. Например, ПЛАРБ типа Ohio, переоборудованные как носители крылатых ракет Tomahawk (далее ПЛАРК), могут быть адаптированы как носители группировки НПА и другого оборудования сети PLUSnet [10].

Проект PLUSnet предусматривает размещение материальной части в 5 модулях полезной нагрузки, которые загружаются в переоборудованные ракетные пусковые шахты. В модулях находятся [10]:

- 1 большой автономный НПА типа Sea Horse;
- 1 большой автономный НПА-планер типа XRay;
- 6 автономных НПА типа Bluefin 21;
- 18 автономных НПА-планеров типа Sea Glider;
- 9 контейнеров с разворачиваемыми протяженными гидроакустическими антеннами.

Последовательное извлечение всех НПА из ракетной шахты, старт аппаратов и их возвращение в шахту обеспечиваются при помощи универсального модуля URLM (Universal Launch and Recovery Module).

В качестве иллюстрации последних разработок американских специалистов в направлении PLUSnet можно привести комплекс DADS (Deployable Autonomous Distributed System). Развертываемая автономная протяженная система DADS – это акустический комплекс быстрого реагирования рубежного типа, оперативно разворачиваемый для защиты гаваней, заливов или бухт дислокации подводных лодок в любой прибрежной акватории. Концепция построения этого комплекса приведена на рис. 9 [31]. При этом количество НПА в комплексе определяется протяженностью рубежа наблюдений [31].

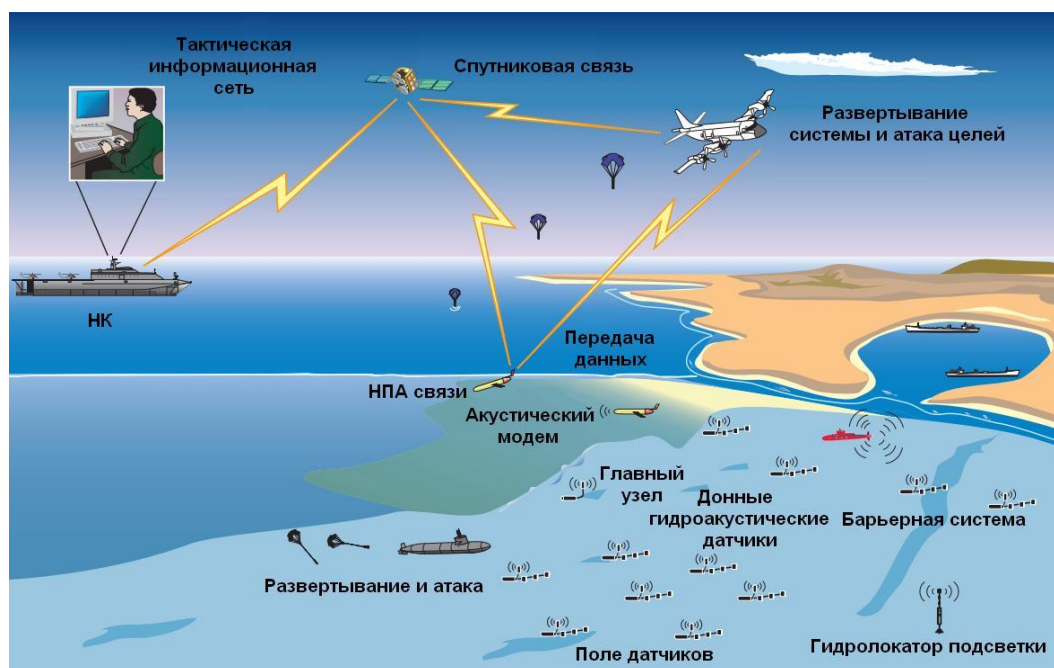


Рис. 9. Концепция построения комплекса DADS [31, 41]

В качестве иллюстрации взаимодействия между элементами подобной информационно-измерительной сети подводного наблюдения можно привести схему (рис. 10) организации испытаний сети «Морская паутина» (англ. Seaweb network). Данные испытания проводились в рамках учений в Мексиканском заливе 1-8 февраля 2003 года [31, 42].

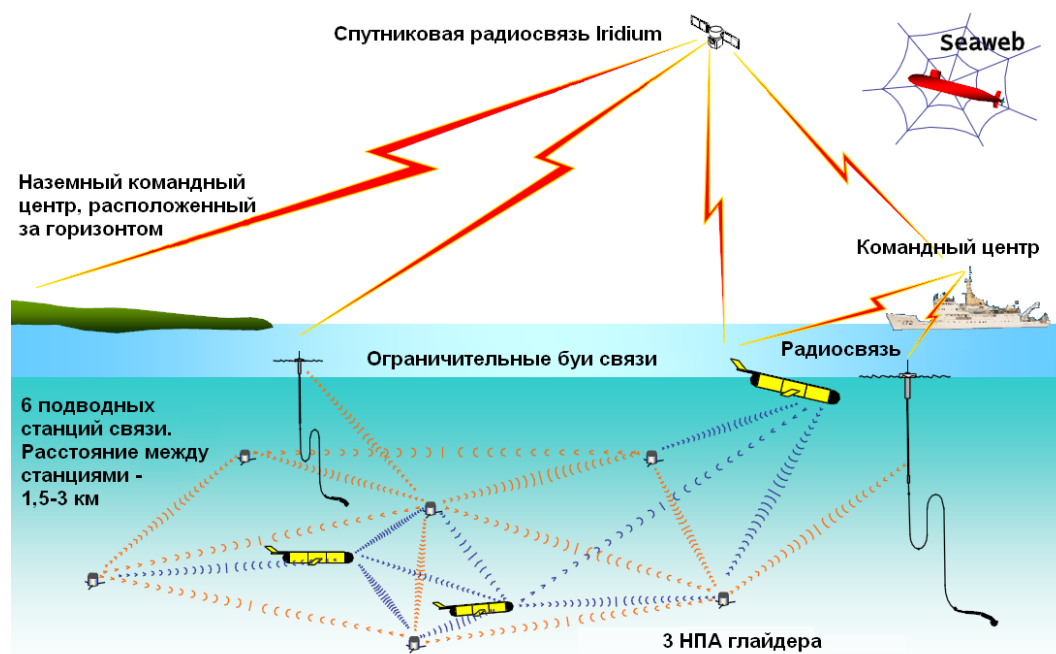


Рис. 10. Схема взаимодействия элементов «Морской паутины» [31, 42]

Таким образом, особое внимание активному применению разворачиваемых необслуживаемых датчиков, взаимодействующих с необитаемыми морскими аппаратами, предполагается уделить в сфере борьбы с подводными лодками противника в прибрежных водах США и их стран-союзников. Это связано с тем, что такие системы позволяют обеспечить ударные противолодочные силы гораздо более точным целеуказанием, чем это было раньше [31].

По мнению американских специалистов, создание подобных систем позволит вести продолжительное наблюдение за подводной обстановкой, своевременно обнаруживать и распознавать подводные цели на обширной акватории, а ее оперативное развертывание будет обеспечивать эффективное решение целого ряда важных стратегических задач [31].

Заключение

Проведенный в статье анализ показал, что ведущие технологически развитые страны (в том числе США, Россия, Великобритания, Франция, Китай, Израиль, Южная Корея), разрабатывают робототехнические комплексы, способные с высокой степенью автономности вести боевые действия без участия человека. В настоящее время активно развиваются робототехнические средства на основе БПЛА. Однако, анализ перспективных проектов показывает, что в недалеком будущем робототехнические комплексы, самого разного назначения, уверенно займут свое место в наземной, в морской (как надводном, так и подводном) и даже в космической сфере военных действий. При этом уже сейчас можно констатировать, что широкое применение робототехнических комплексов приведет к коренному пересмотру основных принципов ведения войны, с учетом не только военно-технических ее аспектов, но и с учетом ее психологических факторов.

Литература

1. Буренок В. М., Ивлев А. А., Корчак В. Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы планирование, реализация. – Тверь: Издательство ООО «КУПОЛ», 2009. – 624 с.
2. Попов С. А. Робот стреляет первым // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 28.02.2016. – URL: <https://topwar.ru/91499-robot-strelyaet-pervym.html> (дата доступа 29.06.2016).
3. Кондратьев А. Е. Боевые роботы США – под водой, в небесах и на суше // Независимое военное обозрение [Электронный ресурс]. 14.05.2010. – URL: http://nvo.ng.ru/armament/2010-05-14/8_robots.html (дата доступа 23.06.2016).
4. Сизов В. Ю. Какие боевые роботы нужны России? // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 07.03.2016. – URL: <https://topwar.ru/91962-kakie-boevye-roboty-nuzhny-rossii.html> (дата доступа 29.06.2016).
5. Макаренко С. И. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – Ставрополь: СФ МГГУ им. М. А. Шолохова, 2009. – 206 с.
6. Попов И. М. Военные конфликты: взгляд за горизонт // Независимое военное обозрение [Электронный ресурс]. 12.04.2013. URL: http://nvo.ng.ru/concepts/2013-04-12/1_conflicts.html (дата доступа 28.01.2016).
7. Постников А. Н., Хамзатов М. М. Сухопутные войска будущего // Независимое военное обозрение [Электронный ресурс]. 11.09.2015. – URL: http://nvo.ng.ru/concepts/2015-09-11/4_future.html (дата доступа 23.02.2016).
8. Бобков Ю. Я., Тютюнников Н. Н. Концептуальные основы построения АСУ Сухопутными войсками ВС РФ: монография. – М.: Издательство «Палеотип», 2014. – 92 с.
9. Соколов Ю. И. Риски высоких технологий. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. – 312 с.
10. Сиденко К. С., Илларионов Г. Ю. Применение автономных подводных роботов в войнах будущего // Арсенал. Военно-промышленное обозрение. 2008. № 2. С. 86-93.
11. Боевые роботы в будущих войнах: выводы экспертов (Часть 1) // Независимое военное обозрение [Электронный ресурс]. 04.03.2016. – URL: http://nvo.ng.ru/armament/2016-03-04/1_robots.html (дата доступа 29.06.2016).
12. Боевые роботы в будущих войнах: выводы экспертов (Часть 2) // Зарубежное военное обозрение [Электронный ресурс]. 04.03.2016. – URL: http://nvo.ng.ru/armament/2016-03-04/5_robots2.html (дата доступа 29.06.2016).
13. Сидорин А. Н. Прищепов В. М., Акуленко В. П. Вооруженные силы США в XXI веке: Военно-теоретический труд. - М.: Кучково поле; Военная книга, 2013. - 800 с.
14. Попов В., Федутин Д. Тенденции развития систем передачи данных при использовании БЛА // Зарубежное военное обозрение. 2006. № 4. С. 47-51. – URL: <http://pentagonus.ru/publ/11-1-0-128> (дата доступа 29.06.2016).

15. Рябов К. Новости проекта CBARS (США) // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 02.03.2016. – URL: <https://topwar.ru/91693-novosti-proekta-cbars-ssha.html> (дата доступа 29.06.2016).
16. Абросимов В. К. Групповое движение интеллектуальных летательных аппаратов в антагонистической среде. Монография. – М.: Наука, 2013. – 168 с.
17. Вербa В. С., Меркулов В. И., Харьков В. П. Оптимальное групповое управление беспилотными летательными аппаратами в сетевцентрической системе // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2013. № 11. С. 48-53.
18. Макаренко С. И., Бережнов А. Н. Перспективы использования сетевцентрических технологий управления боевыми действиями и проблемы их внедрения в вооруженных силах Российской Федерации // Вестник академии военных наук. 2011. № 4. С. 64-68.
19. Настоящее и будущее беспилотной авиации. Часть 1 // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 25.01.2016. – URL: <https://topwar.ru/89642-nastoyaschee-i-budushee-bespilotnoy-aviacii-chast-1.html> (дата доступа 29.06.2016).
20. Настоящее и будущее беспилотной авиации. Часть 2 // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 28.01.2016. – URL: <http://topwar.ru/89909-nastoyaschee-i-budushee-bespilotnoy-aviacii-chast-2.html> (дата доступа 23.02.2016).
21. Полтавский А. В. Беспилотные летательные аппараты в системе вооружения // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2011. № 163. С. 163-170.
22. Чекунов Е. Применение БЛА ВС США в военных конфликтах // Зарубежное военное обозрение 2010. № 7. С. 41-50 – URL: http://pentagonus.ru/publ/primenenie_bla_vs_ssha_v_voennykh_konfliktakh/108-1-0-1597 (дата доступа 06.04.2016).
23. 2015: начало заката эры беспилотных летательных аппаратов // Новости ВПК [Электронный ресурс]. 16.01.2015. – URL: http://vpk.name/news/124839_2015_nachalo_zakata_eryi_bespilotnyih_letatelnyih_apparatov.html (дата доступа 06.04.2016).
24. Новичков Н. Зона действий – от Афганистана до Африки // Военно-промышленный курьер. 2012. № 6 (423). – URL: <http://vpk-news.ru/articles/8619> (дата доступа 06.04.2016).
25. Living Under Drones: Death, Injury and Trauma to Civilians From US Drone Practices in Pakistan (Жизнь под беспилотниками: Смерти, ранения и травмы мирных пакистанцев в ходе операций американских беспилотников). 2012. – URL: http://livingunderdrones.org/wp-content/uploads/2012/09/Stanford_NYU_LIVING_UNDER_DRONES.pdf (дата доступа 06.04.2016).
26. Операции американских беспилотников в Пакистане сравнили с терактами // Lenta.ru [Электронный ресурс]. 25.09.2012. – URL: <http://lenta.ru/news/2012/09/25/drones/> (дата доступа 06.04.2016).

27. Владимиров В.А., Лебедев А.В. Анализ состояния и тенденций развития современных видов оружия // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2012. Том 2. № 3 (3). С. 61-80.

28. Тайвань показал новую боевую ДУМ // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 28.12.2015. – URL: <https://topwar.ru/88560-tayvan-pokazal-novuyu-boevuyu-dum.html> (дата доступа 29.06.2016).

29. Бабинов В. И всё же «мул» помог // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 17.01.2016. – URL: <https://topwar.ru/89265-i-vse-zhe-mul-pomog.html> (дата доступа 29.06.2016).

30. Кондратьев А. Е. Роботы и люди. Сборник статей. 2012. [Электронный ресурс] – URL: http://pentagonus.ru/load/1/obshhie_voprosy/kondratev_roboty_i_ljudi_tom_3/18-1-0-830 (дата доступа 22.06.2016).

31. Красильников Р. В. Системы борьбы с необитаемыми аппаратами – асимметричный ответ на угрозы XXI века. – СПб.: Инфо-да, 2013. – 106 с.

32. Мосалев В. Дистанционно управляемые и автономные подводные аппараты ВМС зарубежных стран // Зарубежное военное обозрение. 2006. № 6. С. 56-66. – URL: <http://pentagonus.ru/publ/27-1-0-431> (дата обращения 22.01.2016).

33. Иванов М. С., Аганесов А. В., Крылов А. А., Галлиев С. Ф., Агеев А. М., Легконогих Д. С., Березин А. В., Рябков П. В., Межуев А. М., Абросимов И. П. Беспилотные летательные аппараты: справочное пособие / Под. общ. ред. С.А. Попова. – Воронеж: Научная книга, 2015. – 619 с.

34. Щербаков В. В грядущих войнах дроны составят основной класс летательных аппаратов // Военно-промышленный курьер. 2012. № 36 (453). – URL: http://pentagonus.ru/publ/v_grjadushhikh_vojnakh_drony_sostavjat_osnovnoj_klass_letatelnykh_apparatov_2012/15-1-0-2240 (дата доступа 06.04.2016).

35. Клабуков И., Алехин М., Нехина А. Исследовательская программа DARPA на 2015 год (Review of DARPA FY 2015 Research Programs). – М., 2014. – 96 с.

36. Иванов А. И., Лазутина Н. А., Сахабетдинов И. У. Сетецентрические аспекты группового поведения автономных подводных аппаратов // Труды конференции «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения». – М.: Институт проблем управления им. Трапезникова РАН, 2010. – С. 548-551.

37. Гаврилкин С.Н. Основные направления развития и существующие проблемы создания подводной робототехники «двойного» назначения // Труды Всемирной морской технологической конференции, СПб, 2012.

38. FY 2009-2034 Unmanned Systems Integrated Roadmap. – U.S. Department of Defence, 2009.

39. The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan. – USA, Department of the Navy, 2004.

40. McHenry R. ACTUV ASW Continuous Trail Unmanned Vessel Industry Day. – USA, DARPA, 2010.

41. Roy T. N. Deployable Autonomous Distributed System: Future Naval Capability in Undersea Warfare // SSC San Diego Biennial Review. Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance. 2003. Vol. 3.

42. Rice J. A. Seaweb as a DTN pilot application // IETF Meeting, DTNRG session, 2006.

43. Илларионов Г. Ю., Квашнин А. Г., Викторов Р. В. Применение автономных подводных роботов при отработке комплексов военно-морской техники и в боевой подготовке // Двойные технологии. 2011. № 2 (55). С. 54-62. – URL: <http://pstmprint.ru/wp-content/uploads/2016/04/dt-2-10-2011.pdf> (дата доступа 30.06.2016).

References

1. Burenok V. M., Ivlev A. A., Korchak V. Ju. *Razvitie voennykh tekhnologii XXI veka: problemy planirovaniya, realizatsiya* [The progress of military technology of the XXI century: problems of planning, implementation]. Tver, KUPOL Publ., 2009. 624 p. (in Russian).

2. Popov S. A. Robot streliaet pervym [The robot shoots first]. *Voennoe obozrenie* [Military review], 2016. Available at: <https://topwar.ru/91499-robot-streliaet-pervym.html> (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

3. Kondratev A. E. Boevye roboty SShA – pod vodoi, v nebesakh i na sushe [Combat robots United States – under water, in the skies and on land]. *Nezavisimoe voennoe obozrenie* [Independent military review], 2010. Available at: http://nvo.ng.ru/armament/2010-05-14/8_robots.html (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

4. Sizov V. Ju. Kakie boevye roboty nuzhny Rossii? [What are military robots Russia need?]. *Voennoe obozrenie* [Military review], 2016. Available at: <https://topwar.ru/91962-kakie-boevye-roboty-nuzhny-rossii.html> (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

5. Makarenko S. I. *Intelligent Information Systems*. Stavropol, Sholokhov Moscow State University for the Humanities (Stavropol branch), 2009. 206 p. (in Russian).

6. Popov I. M. Voennye konflikty: vzgliad za gorizont [Military conflicts: a look beyond the horizon]. *Nezavisimoe voennoe obozrenie* [Independent military review], 2013. Available at: http://nvo.ng.ru/concepts/2013-04-12/1_conflicts.html (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

7. Postnikov A. N., Khamzatov M. M. Sukhoputnye voiska budushchego [The army of the future]. *Nezavisimoe voennoe obozrenie* [Independent military review], 2013. Available at: http://nvo.ng.ru/concepts/2015-09-11/4_future.html (accessed 23 Feb 2016) (in Russian).

8. Bobkov Ju. Ja., Tiutiunnikov N. N. *Kontseptual'nye osnovy postroeniia ASU Sukhoputnymi voiskami VS RF: monografiia* [Concepts of ACS of Land forces of armed forces of the Russian Federation. The monograph]. Moscow, Paleotip Publ., 2014. 92 p. (in Russian).

9. Sokolov Ju. I. *Riski vysokikh tekhnologii* [Risks of high technology]. Moscow, All-Russian research Institute on problems of civil defense and emergency situations of EMERCOM of Russia (Federal centre), 2009. 312 p. (in Russian).
10. Sidenko K. S., Illarionov G. Iu. *Primenenie avtonomnykh podvodnykh robotov v voynakh budushchego* [The application of Autonomous underwater robots in future wars]. *Arsenal. Voenno-promyshlennoe obozrenie*, 2008, no. 2, pp. 86-93. (in Russian).
11. Boevye roboty v budushchikh voynakh: vyvody ekspertov (Chast' 1) [Fighting robots in future wars: the conclusions of the experts (Part 1)]. *Nezavisimoe voennoe obozrenie* [Independent military review], 2016. Available at: http://nvo.ng.ru/armament/2016-03-04/1_robots.html (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).
12. Boevye roboty v budushchikh voynakh: vyvody ekspertov (Chast' 2) [Fighting robots in future wars: the conclusions of the experts (Part 2)]. *Nezavisimoe voennoe obozrenie* [Independent military review], 2016. Available at: http://nvo.ng.ru/armament/2016-03-04/5_robots2.html (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).
13. Sidorin A. N. Prishchepov V. M., Akulenko V. P. *Vooruzhennyye sily USA v XXI veke: Voenno-teoreticheskii trud* [The U.S. armed forces in the XXI century]. Moscow, Kuchkovo pole Publ., 2013. 800 p. (in Russian).
14. Popov V., Fedutinov D. Tendentsii razvitiia sistem peredachi dannykh pri ispol'zovanii BLA [Trends in the development of data transmission systems when using UAVs]. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, 2006, no. 4, pp. 47-51. Available at: <http://pentagonus.ru/publ/11-1-0-128> (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).
15. Riabov K. Novosti proekta CBARS (USA) [Project news CBARS]. *Voennoe obozrenie* [Military review], 2016. Available at: <https://topwar.ru/91693-novosti-proekta-cbars-ssha.html> (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).
16. Abrosimov V. K. *Gruppovoe dvizhenie intellektual'nykh letatel'nykh apparatov v antagonisticheskoi srede. Monografiia* [Intelligent group movement of aircraft in an antagonistic environment. Monograph]. Moscow, Nauka Publ., 2013. 168 p. (in Russian).
17. Verba V. S., Merkulov V. I., Khar'kov V. P. Optimal group control of unmanned aerial vehicles in a network centric system. *Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy*, 2013, no. 11, pp. 48-53. (in Russian).
18. Makarenko S. I., Berezhnov A. N. Prospects of Use of Network-Centric Technologies of Combat Operations Control and Problems of Their Implementation in the Armed Forces of the Russian Federation. *Vestnik akademii voennykh nauk*, 2011, no. 4, pp. 64-68. (in Russian).
19. Nastoiashchee i budushchee bespilotnoi aviatsii. Chast' 1 [Present and future of unmanned aircraft. Part 1]. *Voennoe obozrenie* [Military review], 2016. Available at: <https://topwar.ru/89642-nastoyashee-i-budushee-bespilotnoy-aviacii-chast-1.html> (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

20. Nastoiashchee i budushchee bespilotnoi aviatsii. Chast' 2 [Present and future of unmanned aircraft. Part 2]. *Voennoe obozrenie* [Military review], 2016. Available at: <http://topwar.ru/89909-nastoyashee-i-budushee-bespilotnoy-aviacii-chast-2.html> (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

21. Poltavskii A. V. Unmanned Aircraft Vehicles in Weapon System. *Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*, 2011, no. 163, pp. 163-170. (in Russian).

22. Chekunov E. Primenenie BLA VS SShA v voennykh konfliktakh [The use of UAVs for the U.S. forces in military conflicts]. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, 2010, no. 7, pp. 41-50. Available at: http://pentagonus.ru/publ/primenenie_bla_vs_ssh_a_v_voennykh_konfliktakh/108-1-0-1597 (accessed 04 Apr 2016) (in Russian).

23. 2015: nachalo zakata ery bespilotnykh letatel'nykh apparatov [2015: the beginning of the decline of the era of unmanned aerial vehicles]. *Novosti VPK*, 2015. Available at: http://vpk.name/news/124839_2015_nachalo_zakata_eryi_bespilotnyih_letatelnyih_apparatov.html (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

24. Novichkov N. Zona deistvii – ot Afganistana do Afriki [The area of operations from Afghanistan to Africa]. *Voennopromyshlennyyi kur'er*, 2012, vol. 423, no. 6. Available at: <http://vpk-news.ru/articles/8619> (accessed 04 Apr 2016) (in Russian).

25. *Living Under Drones: Death, Injury and Trauma to Civilians From US Drone Practices in Pakistan*. 2012. Available at: http://livingunderdrones.org/wp-content/uploads/2012/09/Stanford_NYU_LIVING_UNDER_DRONES.pdf (accessed 04 Apr 2016).

26. Operatsii amerikanskikh bespilotnikov v Pakistane sravnili s teraktami [The operation of U.S. drones in Pakistan, compared with the terrorist attacks]. *Lenta.ru*, 2012. Available at: <http://lenta.ru/news/2012/09/25/drones/> (accessed 04 Apr 2016) (in Russian).

27. Vladimirov V. A., Lebedev A. V. Analiz sostoianiia i tendentsii razvitiia sovremennykh vidov oruzhiia [Analysis of status and trends of development of modern weapons]. *Strategiia grazhdanskoi zashchity: problemy i issledovaniia*, 2012, vol. 2, no. 3, pp. 61-80. (in Russian).

28. Taivan' pokazal novuiu boevuiu DUM [Taiwan showed a new military remote-controlled robot]. *Voennoe obozrenie* [Military review], 2015. Available at: <https://topwar.ru/88560-tayvan-pokazal-novuyu-boevuyu-dum.html> (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

29. Babinov V. I vse zhe «mul» pomog [And yet, "the mule" helped]. *Voennoe obozrenie* [Military review], 2016. Available at: <https://topwar.ru/89265-i-vse-zhe-mul-pomog.html> (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

30. Kondratev A. E. *Roboty i liudi. Sbornik statei* [Robots and people]. 2012. Available at: http://pentagonus.ru/load/1/obshhie_voprosy/kondratev_roboty_i_liudi_tom_3/18-1-0-830 (accessed 29 Jun 2016) (in Russian).

31. Krasil'nikov R. V. *Sistemy bor'by s neobitaemyimi apparatami – asimmetrichnyi otvet na ugrozy XXI veka* [System for the suppression of uninhabited vehicles – an asymmetric response to threats of the XXI century]. Saint-Petersburg, Info-da Publ., 2013. 106 p. (in Russian).

32. Mosalev V. Distantionno upravliaemye i avtonomnye podvodnye apparaty VMS zarubezhnykh stran [Remotely operated and Autonomous underwater vehicles, naval forces of foreign countries]. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, 2006, no. 6, pp. 56-66. Available at: <http://pentagonus.ru/publ/27-1-0-431> (accessed 22 Feb 2016) (in Russian).

33. Ivanov M. S., Aganesov A. V., Krylov A. A., Galliev S. F., Ageev A. M., Legkonogikh D. S., Berezin A. V., Riabkov P. V., Mezhev A. M., Abrosimov I. P. *Bespilotnye letatel'nye apparaty: spravochnoe posobie* [Drones: a reference guide]. Voronezh, Nauchnaia Kniga Publ., 2015. 619 p. (in Russian).

34. Shcherbakov V. V. *griadushchikh voynakh drony sostaviat osnovnoi klass letatel'nykh apparatov* [In the coming wars drones will constitute the main class of aircraft]. *Voenno-promyshlennyi kurer*, 2012, vol. 453, no. 36. Available at: http://pentagonus.ru/publ/v_griadushchikh_voynakh_drony_sostavjat_osnovnoj_klass_letatelnykh_apparatov_2012/15-1-0-2240 (accessed 06 Apr 2016) (in Russian).

35. *Review of DARPA FY 2015 Research Programs*. Moscow, 2014. 96 p. (in Russian).

36. Ivanov A. I., Lazutina N. A., Sakhabetdinov I. U. *Setetsentricheskie aspekty gruppovogo povedeniia avtonomnykh podvodnykh apparatov* [Network-centric aspects of the group behavior of Autonomous underwater vehicles]. *Trudy konferentsii «Tekhnicheskie i programmnye sredstva sistem upravleniia, kontroliia i izmereniia»* [Proc. "Tekhnicheskie programmnye and facilities of the system upravleniia, kontroliia and izmereniia"]. Moscow, Institute of Control Sciences V. A. Trapeznikov RAS, 2010. pp. 548-551. (in Russian).

37. Gavrilkin S. N. *Osnovnye napravleniia razvitiia i sushchestvuiushchie problemy sozdaniia podvodnoi robototekhniki «dvoinogo» naznacheniiia* [The main directions of development and challenges of creating underwater robotics "double" assignment]. *Trudy Vsemirnoi morskoi tekhnologicheskoi konferentsii* [Proc. "World Maritime technology conference"], Saint-Petersburg, 2012. (in Russian).

38. *FY 2009-2034 Unmanned Systems Integrated Roadmap*. U.S. Department of Defence, 2009.

39. *The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan*. USA, Department of the Navy, 2004.

40. McHenry R. *ACTUV ASW Continuous Trail Unmanned Vessel Industry Day*. USA, DARPA, 2010.

41. Roy T. N. *Deployable Autonomous Distributed System: Future Naval Capability in Undersea Warfare*. *SSC San Diego Biennial Review. Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance*, 2003, vol. 3.

42. Rice J. A. *Seaweb as a DTN pilot application*. *IETF Meeting, DTNRG session*, 2006.

43. Illarionov G. Iu., Kvashnin A. G., Viktorov R. V. *Primenenie avtonomnykh podvodnykh robotov pri otrabotke kompleksov voenno-morskoj tekhniki i v boevoi podgotovke* [The application of Autonomous underwater robots in developing complexes of naval equipment and combat training]. *Dual technology*, 2011, vol. 55, no. 2, pp. 54-62. Available at: <http://pstmprint.ru/wp-content/uploads/2016/04/dt-2-10-2011.pdf> (accessed 30 Jun 2016) (in Russian).

Статья поступила 25 июня 2016 г.

Информация об авторе

Макаренко Сергей Иванович – кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры сетей и систем связи космических комплексов. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. Область научных интересов: устойчивость сетей и систем связи к преднамеренным деструктивным воздействиям; радиоэлектронная борьба; информационное противоборство. E-mail: mak-serg@yandex.ru

Адрес: Россия, 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская д. 13.

Military Robots – the Current State and Prospects of Improvement

S. I. Makarenko

Relevance. Leading developed countries are developing robots which are able to combat operations without human intervention. The U.S. armed forces expect that the proportion of robots will be 30% of the total composition of combat vehicles by 2030. Thus, the combat capabilities of the units equipped with robots will increase in 2-2,5 times. Wide application of military robots will change the basic principles of warfare. These changes concern the technical aspects, the human-robot interaction, military tactics and strategy. Therefore, the analysis of the current state and prospects of improvement of robots for military purposes is relevant. **The aim of this paper** is the analysis of the current state and prospects of improvement of robots for military purposes. **Novelty.** The element of novelty of this paper is the general trend of improvement of robots for military use which have been identified in the analysis. Also novelty items, is trends of improvement of these robots in case their use in air, ground and sea (surface and underwater) areas. **Practical relevance.** The analysis presented can be used by technical specialists to justify new technological solutions in the field of robotics. Also, this analysis can be used military specialists for elaborate new forms and methods of armed struggle with the use of military robots.

Key words: robot, military robot, drone, unmanned air vehicles, unmanned ground vehicles, unmanned surface vehicles, unmanned underwater vehicles.

Information about Author

Sergey Ivanovich Makarenko – Ph.D. of Engineering Sciences, Docent. Associate Professor at the Department of Networks and Communication Systems of Space Systems. A. F. Mozhaisky Military Space Academy. Field of research: stability of network against the purposeful destabilizing factors; electronic warfare; information struggle. E-mail: mak-serg@yandex.ru

Address: Russia, 197198, Saint-Petersburg, Zhdanovskaya ulica, 13.