

УДК 623.827

## Анализ проблемных вопросов оценки эффективности системы сбора, передачи и отображения информации берегового центра управления автономными необитаемыми подводными аппаратами и обоснование концептуальных направлений их решения

Аллакулиев Ю. Б.

**Постановка задачи:** в ходе оценки эффективности системы сбора, передачи и отображения информации берегового центра управления (БЦУ) автономными необитаемыми подводными аппаратами (АНПА) важной задачей является определение факторов и угроз, которые будут оказывать наиболее существенное влияние на процесс управления АНПА. А также рассмотреть возможные варианты координации решений, разрабатываемых автоматизированной системой управления (АСУ) БЦУ и АСУ АНПА, с учетом потенциального использования решений на основе искусственного интеллекта. **Целью работы** является обоснование направлений создания методического аппарата управления группой АНПА. **Используемые методы:** решение поставленных задач осуществлялось на основе применения общенаучных методов исследования, моделирования процессов управления, обосновании концептуальных направлений по созданию рациональной структуры системы сбора, передачи и обработки информации БЦУ АНПА. **Новизна:** определяется системным подходом к использованию информационных технологий в АСУ АНПА, что, в свою очередь, позволяет решать задачи структурирования информации и изменить организацию управления целевым процессом. **Результат.** Конечной результатом проведения исследований в этой области является разработка новых технологий обеспечения информационной устойчивости данных, поступающих в БЦУ в условиях информационного противоборства. Создание системы распределенного искусственного интеллекта и координации решений в АСУ является перспективным направлением развития информационной инфраструктуры Военно-морского флота. **Практическая значимость работы:** реализация предложенных направлений совершенствования АСУ в составе специального математического обеспечения БЦУ позволит повысить эффективность управления АНПА в ходе выполнения ими поставленных задач.

**Ключевые слова:** система сбора передачи и отображения информации, автоматизированная система управления, береговой центр управления, автономный необитаемый подводный аппарат, лицо принимающее решение, когнитивная функция.

### Актуальность

Современные достижения в области создания энергетических установок подводных аппаратов, систем навигации и связи позволяют кардинально увеличить эффективность автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) и обеспечить их способность самостоятельно работать в отдаленных районах Мирового океана [1]. Одним из относительно новых направлений является создание АНПА дальнего радиуса действия. Так, например, фирма Boeing пред-

---

#### Библиографическая ссылка на статью:

Аллакулиев Ю. Б. Анализ проблемных вопросов оценки эффективности системы сбора, передачи и отображения информации берегового центра управления автономными необитаемыми подводными аппаратами и обоснование концептуальных направлений их решения // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 2. С. 143-161. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10207

#### Reference for citation:

Allakuliev Yu. B. Analysis problematic issues of control of the autonomous underwater vehicles from a coastal control center and the conceptual directions solution justification. *Systems of Control, Communication and Security*, 2019, no. 2, pp. 143-161. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10207 (in Russian).

ставила крупнотоннажный АНПА Echo Voyager (рис. 1), который способен автономно двигаться под водой на протяжении нескольких месяцев. Длина аппарата составляет 15,5 м, предельная глубина погружения 3353 м. Аппарат имеет энергетическую установку, подробности о которой не уточняются. Для обслуживания АНПА Echo Voyager не требуется специального обеспечивающего судна, как для других подводных роботов. Термин «АНПА дальнего радиуса действия» подразумевает, что данный, довольно дорогостоящий, аппарат большого водоизмещения (10-30 т) будет действовать автономно в океанской зоне без оперативного сопровождения.



Рис. 1. АНПА Echo Voyager

Длительная работа таких АНПА по сути является технологическим прорывом в области ведения войны на море, однако, в свою очередь, требует выполнения жестких требований к процессу управления подводными роботами.

Тем не менее, в настоящий момент, как у нас в Российской Федерации, так и за рубежом недостаточно прорабатываются вопросы управления такими аппаратами при выполнении ими поставленных задач, как в одиночку, так и в составе группы. Исследования большинства организаций, занимающихся разработкой робототехнических комплексов (РТК), в основном направлены на создание самих РТК, а вопросы управления ограничиваются в основном использованием отдельных АНПА. Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, осуществляющего управление АНПА, как правило, комплектуется всего одним персональным переносным компьютером, и не позволяет управлять группой АНПА. Такое управление осуществляется в основном по гибкому оптоэлектрическому кабелю, либо по гидроакустическому каналу связи, что

требует обязательное наличие обеспечивающего корабля (судна), а это приводит к большим экономическим затратам, снижает маневренность АНПА, демаскирует факт его работы.

### Постановка задачи

Введем определение понятия управления как процесс целенаправленного воздействия на автономные необитаемые подводные аппараты при решении ими широкого круга поставленных задач при ведении систематических и боевых действий. Система управления АНПА должна обеспечить:

- своевременное доведение информации в цикле управления;
- информационно-техническое взаимодействие, а также управление оружием на базе интегрированной разведывательной информации и обмен данными между системами разведки, навигации, целеуказания и поражения (подавления) в реальном (близком к реальному) масштабе времени;
- эффективное управление при реализации современных принципов, форм и способов ведения военных действий;
- полное использование боевых потенциалов соединений, воинских частей с АНПА при их совместном применении.

Перспективные пункты управления АНПА должны обеспечить: гарантированное управление ими в любой точке мирового пространства; эффективное управление межведомственными и межвидовыми группировками войск (сил) в условиях перехода на арендованные цифровые каналы, тракты и предоставление услуг Единой Системы электросвязи России.

Переход на цифровое телекоммуникационное оборудование за счет выбора, разработки и внедрения перспективных технических комплексов и средств связи обеспечит организацию и использование на сетях связи управления АНПА зашифрованных сквозных высокоскоростных цифровых каналов передачи и сетевых трактов между узлами связи пунктов управления с обеспечением цифровых транзитов в пунктах переприема, при которых исключаются преобразования типа «аналог – цифра» и обратно. Перспективная объединенная автоматизированная цифровая система связи в своем составе будет иметь: глобальную группировку искусственных спутников земли с широкополосными каналами связи между космическими аппаратами; средства телекоммуникаций, средства телекоммуникаций и ретрансляции воздушного базирования, представленные воздушными узлами связи и ретрансляции; средства телекоммуникаций и ретрансляции морского базирования; стратегическую стационарную наземную проводную, радио-, космическую, радиорелейную, тропосферную сеть связи на базе Единой Сети электросвязи России, Минобороны России, ФСО России, ФСБ России, представленную опорными узлами связи; мобильные сети связи стратегического, оперативно-стратегического, оперативного и тактического звеньев управления.

Результатом создания системы управления АНПА должно стать создание перспективной системы управления, которая будет обеспечивать:

- гарантированное решение задач сдерживания потенциального противника;
- адекватное противодействие современным угрозам и вызовам национальной безопасности Российской Федерации;
- сетевую интеграцию систем разведки, наблюдения, навигации, опознавания, целеуказания, наведения и боевого управления в целях обеспечения полного использования боевого потенциала АНПА и их оружия.

В итоге система управления АНПА должна включать три функционально взаимосвязанных между собой элемента. Первый элемент – органы военного управления, соответствующие новому облику Вооруженных Сил, способные осуществлять управление автономными необитаемыми подводными аппаратами. Второй элемент – видоизмененные и построенные на новых принципах пункты управления (БЦУ АНПА), позволяющие повысить устойчивость управления, живучесть и мобильность органов военного управления при ведении широкомасштабных, высокодинамичных, активных военных действий против потенциального противника, превосходящего нас по уровню технического оснащения войск (сил). Третий элемент – техническая основа перспективной системы управления АНПА (БЦУ АНПА), способная удовлетворить функциональные потребности органов военного управления и обеспечить подключение пунктов управления всех уровней в единую систему связи и автоматизированную систему управления действующих в интересах обеспечения выполнения задач, стоящих перед АНПА.

Таким образом основным путем повышения боевой эффективности систем вооружений, в том числе и АНПА, на сегодняшний день становится оснащение их современными информационными системами, обеспечивающими сбор и анализ поступающей информации, наведение оружия на цель, боевое управление и связь между участвующими в военных действиях силами и средствами.

В рамках формулируемой постановки задачи управляемым объектом является распределенная во времени и пространстве система сил и средств флота, в состав которой, кроме АНПА, по мере необходимости, входят стационарные и подвижные (корабельные и авиационные) пункты управления, а также собственные и приданные (арендованные) средства связи.

Объединение таких разнородных объектов в рамках решаемой задачи позволяет построить эффективную систему управления на основе принципов сетецентризма. Сетецентрический (net-centric) эффект возникает при создании надежной, глобально взаимосвязанной системы сетевого окружения (включающего инфраструктуру, процессы и людей), в котором данные обстановки предоставляются пользователям в реальном масштабе времени для своевременного принятия решений. В новом подходе к управлению АНПА в центре внимания оказывается сеть. Создаваемая глобальная информационная решетка (ГИР, GIG – Global Information Grid) обеспечивает формирование взаимосвя-

занного, сквозного (end-to-end) множества информации, способного к накоплению, хранению, распространению по запросу пользователей – лиц, принимающих решения (ЛПР). GIG включает собственные и арендованные коммуникации, компьютерные системы и сервисы, программное обеспечение (включая приложения), данные, сервисы безопасности, другие связанные сервисы и системы безопасности. Создание сетецентрической системы управления АНПА представляет первую важную проблему, которую необходимо решать, в том числе, на концептуальном уровне.

Принципиально важным свойством АНПА, как управляемого объекта, является, с одной стороны, его необитаемость (отсутствие экипажа) и, с другой стороны, наличие искусственного интеллекта, его способность самоорганизовываться снизу, а не только выполнять поступающие команды.

Отсюда вытекает вторая важная проблема, суть которой определяется тем, что в выполнении многочисленных функций сетецентрической системы управления, принимает участие значительное число обслуживающего персонала, решающего задачи управления роботом (группой роботов) с искусственным интеллектом. При проведении дальнейших исследований под искусственным интеллектом будем понимать свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. Количество и сложность таких функций постоянно возрастает как в органах управления, так и на управляемом объекте. В настоящее время для решения практических задач береговым центром управления наиболее рациональной считается организационно-штатная структура со следующим разделением функций [2].

#### 1. Подразделения Центра управления АНПА:

- сбор, обработка, анализ и отображение данных обстановки по АНПА;
- устойчивое непрерывное, оперативное, управление АНПА в море в любых условиях обстановки;
- устойчивое непрерывное, оперативное управление АНПА при выполнении специальных задач;
- передача управления на мобильные (корабельные, авиационные) пункты управления в рамках созданной сетецентрической системы.

#### 2. Подразделения Береговой базы АНПА:

- поддержание потенциала АНПА в готовности к использования на необходимом и достаточном уровне;
- планирование похода с учетом оценки и прогнозирования обстановки по маршруту (надводной, подводной, воздушной, донной);
- планирование оперативного оборудования маршрута;
- планирование всех видов, обеспечения (навигационного, гидрографического, гидрометеорологического, спасательного и др.);
- планирование и управление подготовкой АНПА к походу (в том числе и технической);
- материальное и техническое обеспечение всеми видами довольствия по присвоенной им номенклатуре материальных средств;

– охрана и оборона места размещения АНПА.

3. Подразделения узла связи, решающего задачи комплексного использования всех элементов основной (стационарной) системы связи и резервной системы связи организации, в чьих интересах они используются, наращивая ее при необходимости средствами других министерств и ведомств (АО «Ростелеком» и другие коммерческие структуры).

Следует ожидать, что влияние человеческого фактора будет усиливаться и проявляться во всех указанных сферах и, прежде всего, в части обеспечения информационно-психологической безопасности.

Третья проблема возникает в связи с постоянно возрастающей ролью и значением информационно-технического противоборства. В современных условиях при борьбе, как с сильным, так и слабым противником формируются две главные арены противоборства. Первая из них представлена театром военных действий, на котором решаются задачи, связанные с применением высокоточного и умного оружия при ведении боевых действий. Вторую важную арену противоборства сил сторон связывают с созданием театра информационных действий – единого информационно-телекоммуникационного пространства, которое является основой сетецентрического управления разнородными силами и средствами на всех этапах ведения боевых действий.

Информационное превосходство на поле боя, которое в реальном масштабе времени проявляется в наиболее полном и достоверном отображении обстановки, позволяет опережать противника по времени реакции на происходящие события, принимать обоснованные по своему содержанию решения в соответствии со складывающейся обстановкой и соответственно наносить быстрые удары в выявленные уязвимые места противника.

Указанное обстоятельство требует того, чтобы выделить эту важную проблему, как проблему жесткого информационного противоборства и обеспечения информационной безопасности системы управления АНПА. Высокая эффективность технологий информационного противоборства, в основе которых лежит реализация наиболее опасных дезинформирующих воздействий, позволяет отнести технологии их к информационному оружию, которое с начала 2000-х годов широко применяется за рубежом [3].

Четвертая важная проблема возникает в связи с тем, что одновременно с ростом сложности решаемых задач возрастает сложность создаваемой системы управления АНПА. Чем больше разнообразие состояний системы, тем выше и неопределённость в ее поведении. Соответственно растёт энтропия, ограничить которую способна лишь направляемая в систему полезная информация.

Возрастание сложности приводит к тому, что ряд второстепенных факторов при определенных значениях параметров может привести к возникновению ситуации, когда система в целом не сможет выполнять поставленную задачу. Далее такой эффект изменения перечня «параметров порядка» системы определим, как негативный результат проявления ряда факторов, проявление которых приводит к возникновению критических ситуаций при недостаточном контроле за сменой состояний (режимов поведения) АНПА, либо при недостаточном контроле за пространственной конфигурацией структуры группы роботизиро-

ванных комплексов в различные моменты времени ведения боевых действий. В связи с этим, следует постоянно отслеживать формирование ситуаций, так как АНПА, как роботизированный комплекс с искусственным интеллектом, может причинить ущерб при выполнении не предусмотренной разработчиками задачи (функции), если этого потребует его система оценки обстановки.

В конечном итоге суть четвертой проблемы определим, как значительное возрастание роли координации решений, принимаемых в БЦУ человеком (естественным интеллектом) на основе рекомендаций автоматизированных систем управления (АСУ) с учетом решений, разрабатываемых автоматической системой управления АНПА (искусственным интеллектом). Указанная проблема является весьма сложной. Так, например, на конференции «Искусственный интеллект: проблемы и пути решения» Президент Российской академии ракетных и артиллерийских наук, доктор технических наук профессор В.М. Буренок отметил, что нельзя безраздельно доверять роботу, и он не должен принимать решения о боевом поражении объектов [3]. В общечеловеческой постановке такое требование соответствует широко обсуждаемому в мире научной фантастики первому закону робототехники: робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинён вред [4].

Пятая важная проблема возникает в связи с тем, что возрастание сложности системы управления АНПА непосредственно связано с ростом взаимозависимости отдельных элементов процесса и, вытекающей из этого необходимостью обеспечения согласованности при оперативном выполнении всех функций управления, сохранением, поддержанием и совершенствованием режимов непрерывной и бесперебойной его работы во времени и пространстве. Чем выше степень разделения функций и их взаимозависимость между элементами системы, тем в большей степени возникает необходимость в выполнении функций контроля над выполняемыми действиями АНПА. В то же время отдельные сегменты системы управления должны быть способны решать ключевые задачи в условиях кратковременного или длительного отсутствия связи АНПА с БЦУ. Данное обстоятельство, в свою очередь, требует также разработки систем и методов принятия решений в условиях низкой связности звеньев (элементов) системы управления и, возможно, потребует умения решать АНПА задачи при полной децентрализации системы управления. Указанное свойство интегрированной системы условно может быть определено как «координация по умолчанию», которое создается на этапе заблаговременного планирования. Указанные проблемы являются достаточно актуальными, так как противоборство систем будет протекать скоротечно по законам и правилам той стороны, которая может предложить наиболее высокий темп сбора, передачи, обработки и распределения информации, а также может вести боевые действия в таком темпе и с такой интенсивностью, которую вероятный противник не в состоянии выдержать.



Рис. 2. Роль и место берегового центра управления АНПА в системе управления ВМФ (в системе управления более высокого уровня)

Определим, что в общем итоге объектом исследования является система управления робототехническими комплексами, в состав которой входят (рис. 2):

1. Система освещения обстановки – множество взаимодействующих с БЦУ сил и средств, предназначенных для добывания, анализа и обра-

ботки информации о своих силах, противнике и среде в зоне действия сил флота. Все силы и средства флота, в том числе АНПА, при реализации функций добывания информации являются элементами системы освещения обстановки.

2. Система связи – организационно-техническое объединение сил и средств связи, предназначенное для доведения команд и приказов до подчиненных, получения от них докладов и донесений, а также для обмена иной информацией в интересах управления АНПА. Система связи должна включать мобильный узел связи БЦУ с привязкой его к узлу связи или кораблю, находящемуся в районе работы АНПА, или в непосредственной связи с АНПА.
3. Управляющая система БЦУ – лица, принимающие решения, множество компьютеров и локальных компьютерных сетей, устанавливаемых в командных пунктах, объединенных каналами передачи данных и предназначенных для повышения устойчивости, оперативности, скрытности обмена данными, обоснованности решений, принимаемых командирами и командующими.

Управляемыми объектами в сформулированных выше трех актуальных аспектах решаемой задачи являются автономные необитаемые подводные аппараты – РТК, действующими одиночно или в составе группы. Управление такими объектами требует учета целого ряда специфических особенностей, связанных с отсутствием на них экипажа, обеспечением связью в условиях нахождения РТК под водой и т.д.

При определении системы мер, предназначенных для решения указанных проблем, выделим три особенности, которые определяют суть информационного процесса, как важной составной части процесса управления АНПА.

1. Процесс сбора, передачи, обработки и отображения информации в рамках исследуемого процесса управления АНПА представляет собой единый процесс преобразования данных наблюдения в данные обстановки. Этот процесс последовательно протекает в 3-х различных стадиях: обнаружения объектов путем регистрации их физических полей, передачи данных по каналам связи и вычисления латентной информации в соответствии с требованиями органа управления. На каждом этапе процесс имеет различную физическую природу и соответственно подвергается специфическим для конкретной физической среды деструктивным информационным воздействиям.
2. Разнородный по своей физической сущности процесс объединен общей целью, которая формулируется в виде решаемой задачи, и требует ввода единого критерия оценки. В качестве такого критерия предлагается использовать существующее понятие качества информации, которое здесь определим, как совокупность оценок, связанных с выполнением требований к своевременности, полноте и достоверности информации. Такие требования предъявляются как к информации состояния (информации об обстановке), так и к командной информации.

3. Процесс сбора, обработки и отображения информации протекает в реальном масштабе времени и завершается формированием, так называемых Больших Данных, которые имеют следующие характерные черты: значительный объем данных, большое число атрибутов, гетерогенный характер наблюдаемых объектов, широкий диапазон значений регистрируемых признаков и т.д. В то же время этот процесс позволяет добиться одной из основных целей интеллектуального анализа при наличии большего объема данных: предсказание будущих наблюдений на основе выявленных зависимостей между атрибутами.

Если проведенный анализ изложить в несколько иной трактовке [5], то можно констатировать, что научная проблема сегодняшнего дня в сфере управления АНПА состоит в отсутствии эффективных средств и методов оценки и обеспечения информации, времени и интеллекта.

Некоторым прообразом развития БЦУ может рассматриваться ведущий научно-исследовательский университет США, осуществляющий поддержку национальной системы академических исследований и образования (рис. 3).



Рис. 3 Центр управления АНПА – глайдерами в университете Rutgers, прообраз БЦУ

### Решение задачи

Постановку задач, направленных на разрешение выявленного комплекса проблем, сформулируем в следующем общем виде. Создается сложная система, состоящая из  $j = 1, N$  подсистем, обладающих определенной самостоятельностью в выполнении функций  $F(x_1^1 \dots x_m^1 \dots x_1^N \dots x_m^N)$ . Будем считать, что реализация функций  $F(x)_s^j$  в каждой  $j$ -ой подсистеме в определенной степени обеспечивает измерение всей совокупности демаскирующих признаков объектов противоборствующей стороны, что позволяет решать задачи управления АНПА. Кроме этих функций каждая  $j$ -ая подсистема обладает способностью выполнять функции  $F(x)_s^j$ , которые обеспечивают возникновение у создаваемой интегрированной системы явления эмерджентности  $F(y_1^0 \dots x_1^0)$  – появление новых свойств,

отличающихся от свойств каждой подсистемы. К таким свойствам отнесем возникновение свойства управляемости, а также информационной и функциональной устойчивости системы сбора, передачи, обработки информации. При создании управляемого и устойчивого целого из подготовленных к объединению частей необходимо учитывать степень будущей зависимости каждой части друг от друга. При совместном функционировании их влияние может быть, как положительным, так и отрицательным.

Направление и уровень влияния отдельных подсистем на поведение системы в целом определяется ее структурой, перечнем реализуемых координирующих функций управления и их распределением по элементам структуры. В общем виде функционирование новой сложной системы в условиях ведения информационного противоборства определим как такой процесс ее поведения, при котором выполняется поиск вектора решений  $x_j^0(t)$ , обеспечивающий максимум системного вектора целевых функций  $F(x_1^0, \dots, x_m^0)$  при координационном задании  $x_{N+1}^0(t)$ , полученном от управляющего элемента интегрированной системы.

До недавнего времени наиболее распространенным вариантом отображения информации, был способ, когда мониторы и экраны позволяли отображать только один вид информации, а количество устройств отображения было ограничено. Информация, содержащая в себе доклады, справочные материалы, а также информация о различных элементах обстановки при таком варианте представления данных отображалась последовательно, по мере их поступления. В связи с этим ЛПР вынужден был определять информацию по степени важности, оценивать обстановку и принимать решение только после представления всех видов информации, что занимало значительное время, которого было недостаточно в ситуации, когда время на принятие решения ограничено, а его реализация необходима в кратчайшие сроки.

Для эффективного управления АНПА формируется система сбора, передачи и отображения информации (ССПОИ) о подводной, надводной и воздушно-космической обстановке. Создание такой системы является не только актуальной, но и весьма сложной проблемой. Достаточно сказать, что только для решения одной задачи – анализа развединформации, поступающей от беспилотных летательных аппаратов, работающих в Сирии и Ираке, в 2016 г. было создано новое подразделение Пентагона – Project Maven («Проект Знаток»). Это связано с тем, что персонал аналитических центров не справлялся с обработкой и анализом поступающих огромных массивов информации. У команды высококвалифицированных специалистов до 80% рабочего времени занимал [6] один только просмотр кадров.

Создание единой ССПОИ и решение задач мониторинга информации в рамках концепции «сетевидной войны» предполагает мгновенное и синхронное отображение целей на экранах всех компьютеров с точностью, которую обеспечивает навигационная система (системы ГЛОНАСС и GPS обеспечивает точность привязки к местности, равную 1,5 м).

В данной системе целесообразно использовать перспективные средства связи к которым относятся: цифровое телекоммуникационное оборудование, станции космической связи (терминал космической связи стратегического звена, станция космической связи оперативного звена, терминал космической связи тактического звена), радиорелейные станция дециметрового и сантиметрового диапазона, современные радиопередатчики и радиоприемники, средства отображения информации [7].

По результатам проведенных исследований были разработаны предложения по созданию наиболее рациональной организации функционирования ССПОИ, суть которых заключается в оперативном структурировании информации в зависимости от ее качества на основе созданного математического аппарата.

В этом случае ситуационный центр БЦУ АНПА функционируют в хорошо структурированной системе ситуаций – сцен.

Введем определения двух важных новых свойств, возникновение которых необходимо добиться у системы сбора, передачи и отображения информации создаваемого БЦУ. Указанные свойства будем использовать в качестве критериев оценки эффективности всей системы в целом при решении задач управления АНПА.

1. Устойчивость – свойство, определяющее способность системы обеспечить сохранение своего состояния при внешних воздействиях или возвращаться в начальное положение (состояние) после вызванного какими-либо причинами отклонения от этого положения (состояния).
2. Управляемость – свойство, описывающее последовательность протекания технологического процесса путем его перевода из одного состояния в другое. Будем считать, что система является полностью управляемой, если существует управляющая последовательность  $u(t)$ , которая переводит начальное состояние  $x_0(t_1)$  технологического процесса в конечное состояние  $x_k(t_2) = 0$  за заданный интервал времени  $(t_2 - t_1)$ .

Несмотря на кажущееся противопоставление сформулированных понятий (в соответствии с ложным представлением «чем выше устойчивость системы, тем ниже ее управляемость») отметим, что введенные определения требуют создание новых механизмов, связанных с организацией процесса сбора обработки и отображения информации. Результатом действия таких механизмов должно быть обеспечение максимально возможной информационной устойчивости системы при высокой ее управляемости. По своей физической сущности первое понятие определяет необходимость использования только информации высокого качества (с одновременным выявлением дезинформации). Второе понятие связано с разработкой и реализацией знаний, качество которых также должно быть достаточно высоким. Все это требует введения еще одного понятия – информированности исполнителей, как важной предпосылке управляемости системы в процессе создания и практического применения новых технологий.

Информированность (осведомленность) субъекта – это сложное свойство, характеризующее способность субъекта, используя имеющиеся у него инфор-

мацию, сведения и знания, формировать правильные суждения и вырабатывать на их основе правильные решения в процессе своей деятельности. Чем лучше информирован человек, тем меньше ему нужно дополнительной информации для принятия решений и тем больше у него оснований для выбора правильных решений.

Соответственно под знаниями будем понимать [8] систематизированные факты, полученные в результате сопоставления информации с выдвинутыми гипотезами. Знания отличаются от информации по следующим свойствам:

- 1) знание структурировано по уровням иерархии и взаимосвязям, расположение элементов в структуре определяется по результатам изучения предметной области;
- 2) время устаревания знаний является более длительной величиной по сравнению со временем устаревания информации, что позволяет считать знания величиной постоянной при выполнении конкретной операции;
- 3) знания формируются на этапе планирования тех или иных действий и не требуют подтверждения в процессе принятия решений.

При выборе сетевой структуры построения системы управления при определенных внешних и внутренних воздействиях включаются механизмы саморегуляции, благодаря которым могут быть реализованы следующие механизмы обеспечения управляемости и контроля ее функциональной и информационной устойчивости.

1. Механизм перераспределения функций между подсистемами, включая назначение нового координирующего элемента в пространственно-распределенной структуре системы управления группой АНПА. Действие механизма связано с использованием сетевых ресурсов и предполагает изменение топологии структуры в динамике протекающего процесса в случае фиксирования следующих событий:
  - система контроля состояния технических средств управляющей подсистемы выдает сигнал «отказ в обслуживании»;
  - система контроля правильности выполнения системных функций (контроль вычислений «от программы – к программе») выдает сигнал отказа;
  - система корректности представления данных измерения физических полей не подтверждает установленный режим их ввода, фиксируется наличие ошибок (значений, выходящих за допустимый диапазон; недопустимых символов в полях данных; отсутствующих данных и т.д.);
  - система корректности обработки выходных данных формирует сигнал о низкой достоверности данных по результатам их проверки на правдоподобие;
  - система контроля состояния узлов, определяющих совместную работу всех подсистем, формирует запуск процедур восстановления в случае системных сбоев, в том числе при тестировании.

2. Механизм обеспечения устойчивого функционирования каждой подсистемы в управляемом режиме требует реализации следующих функций.

В том случае, когда система контроля состояния технических средств подсистемы выдает сигнал «отказ в обслуживании», производится запуск процедур восстановления и перезапуск технических средств подсистемы.

При фиксировании сбоя в вычислительном процессе система контроля правильности выполнения функций запускает корректирующую программу с целью восстановления процессов для обеспечения правильной обработки данных. В случае повторов сбоя выдает соответствующий сигнал отказа в управляющую подсистему.

При поступлении некорректных данных обстановки система контроля включает в процесс обработки следующие процедуры: обработки неполных и недостоверных данных; обработки данных с учетом накопленных априорных сведений; использования знаний; алгоритмов выявления дезинформации и т.д.

3. Механизм обеспечения функциональной и информационной устойчивости каждой подсистемы при защите от внешних деструктивных воздействий выполняет следующие действия.

Для исключения несанкционированного доступа к служебной информации в процессе обмена данными между подсистемами формируется сложная структура информационных потоков, в том числе методами криптозащиты.

Для исключения непредусмотренных изменений файлов, выявленных средствами контроля в различных точках вычислительного процесса, либо при тестировании создается система защиты сетевых сервисов.

При адаптации системы к внешним деструктивным воздействиям в соответствии с заданием изменяется конфигурация средств и систем сбора и обработки информации, что должно контролироваться надлежащим образом.

Результаты мониторинга следует регулярно анализировать по критерию правдоподобия получаемых сведений. Периодичность анализов должна зависеть от результатов оценки риска.

### **Вариант повышения эффективности АНПА при выборе наиболее рациональных управляющих воздействий**

Будем считать, что противодействие информационным воздействиям в реальных ситуациях выбора управляющих воздействий, кроме традиционных мер защиты от помех, может осуществляться по направлениям:

- 1) уменьшения количества используемых активных радиоэлектронных систем за счет децентрализации процессов управления АНПА;
- 2) интеллектуализации процессов сбора, передачи, обработки и принятых решений, при которой одновременно с ростом знаний снижаются информационные потоки.

Первый результат достигается при формировании ситуаций, когда сложные процессы развиваются за счет более активного использования локальных взаимодействий элементов этих систем, что происходит при увеличении

функций децентрализованного управления. Централизованное управление сетевидной системой становится нерациональным из-за огромного потока информации, который в сложной помеховой обстановке подвергается деструктивным информационным воздействиям. По образному выражению [9], переход к схеме децентрализованного или смешанного управления, использование новой организации взаимодействия объектов в группе АНПА определяет «плату за сложность» таких систем.

Второй результат связан с разработкой новых технологий по созданию системы знаний для формирования сенсорных сетей, как распределенных самоорганизующихся систем, устойчивых к отказу отдельных элементов, а также к их компрометации в результате деструктивных информационных воздействий. В частности, активно разрабатываются технологии по организации оверлейных сетей, в которых для адресации узлов передачи информации используются различные криптомеханизмы. Важной ключевой идеей оверлейных анонимных сетей является их децентрализованность и самоорганизуемость, что исключает наличие «центров, выведение которых из строя положит сеть», а также обеспечивает возможность проверки предположения о том, что промежуточные узлы могут быть скомпрометированы. Использование алгоритмов коммутативного защитного преобразования в сенсорных сетях позволяет выявлять ложные отчеты от скомпрометированных узлов сети. Такие отчеты можно будет отбрасывать уже на промежуточных, а не на конечном узле. Весьма актуальным является развитие средств анонимной/защищенной связи, в которой каждый промежуточный узел не знает источник, пункт назначения и содержание сообщения, но ему известен предыдущий и следующий узел (известный проект луковичной маршрутизации, TOR).

Достижение, как первого, так и второго результата основано на создании системы знаний, интеллектуализации процессов обеспечения информационной защищенности формируемой системы управлению силами, оружием и техническими средствами. Сформулируем задачу минимизации числа сеансов взаимодействия информацией между объектами в защищенной сетевидной сети в сложной помеховой обстановке. Достижение общесистемной цели  $G$  обеспечивается ресурсами  $R$ , наличием информации (Inf) о состоянии своих объектов, противника и среды [9]. В результате решения задачи разрабатываются рекомендации по выполнению новой функции – достижение согласованных действий многих управляющих систем при наличии у них в общем случае различных целей, ресурсов и информации. Отдельные подсети могут формировать коалиции, в которых каждые отдельные действия партнеров по коалиции должны согласовываться. В процессе согласованных действий источников информации формируются и передаются в орган управления знания, как более защищенный вид сообщений. В этом случае наименее вероятно также возникновение неустойчивого неравновесного состояния информационной системы, когда бесконечно малые воздействия вызывают изменения, которые не исчезают при устранении этих воздействий.

Для решения задачи будем использовать методы теории коллективного поведения и управления, в основе которых лежит гипотеза простоты: любое

сложное поведение складывается из совокупности простых поведенческих актов. Важным фактором, во многом определяющим результаты, является поведение человека (используя собственный интеллект, мы наблюдаем за наблюдателями, которые также обладают интеллектом). С учетом влияния человеческого фактора в задаче необходимо выполнять рефлексивные рассуждения. Такие исследования обладают свойством рекурсивности: успех или неуспех выбранной стратегии поведения определяется не только нашим решением, но и решениями других ЛПР, связанных с нами определенными связями и действиями.

### Выводы

В процессе мониторинга обстановки, определяющей содержание принимаемых решений, на обработку поступает разнородная и разновременная информация, состояние которой на феноменологическом уровне ее представления подчиняется действию следующего общего механизма описания информационных процессов и явлений.

1. Физическое явление, которое устойчиво повторяется в динамике изменения обстановки после каждого измерения отдельных элементов ее описания. Это явление протекает во времени и выражается в старении данных.
2. Физическое явление преднамеренного искажения или скрывания параметров измеряемого электронного поля, которое происходит в результате внешнего или внутреннего деструктивного воздействия.
3. Физический процесс отображения данных обстановки, качество которого зависит от содержания принимаемых управляющих решений и может привести к двум возможным практическим результатам:
  - устойчивая оценка обстановки, характеризующаяся линейной зависимостью ошибки управления от степени выполнения требований к информации;
  - кризис в оценке обстановки, проявляющийся в нелинейном изменении ошибки при превышении допустимой меры.

Отсюда очевидна целесообразность постоянной оценки качества информации, что требует введения понятия функциональной и информационной устойчивости, использующихся при разработке и практическом применении сетевых технологий.

Выявление и своевременное отображение достоверных данных, защита от негативной информации в условиях информационного противоборства позволяет наиболее полно оценить складывающуюся обстановку в реальном времени протекания событий. Решать эту задачу предлагается путем формирования системы знаний, представляющих по существу одну из разновидностей информации в ее наиболее защищенной форме. Конечной целью проведения исследований в этой области является разработка новых технологий обеспечения информационной устойчивости данных, поступающих в БЦУ в условиях информационного противоборства. Создание системы распределенного интеллекта и координации вычислений в сети является перспективным направлением развития глобальной информационной инфраструктуры.

Основным содержанием новых технологий является метод оценки и повышения качества информации по таким показателям как полнота, достоверность и своевременность ее поступления. Для успешной реализации и практического использования системы знаний необходимо формирование контентом с хорошо определенной семантикой и простым синтаксисом, которые могли бы быть «поняты» и автоматически обработаны программными средствами АНПА.

### Литература

1. Рябов К. Роботизированный комплекс «Суррогат»: малая подводная лодка для учений флота // Военное обозрение [Электронный ресурс]. 08.12.2016. – URL: <https://topwar.ru/105129-robotizirovannyyu-kompleks-surrogat-malaya-podvodnaya-lodka-dlya-ucheniya-flota.html> (дата обращения.18.05.2018).
2. Аллакулиев Ю. Б. Концепция берегового центра управления автономными роботами дальнего радиуса действия // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления». IX молодежная школа-семинар «Управление и обработка информации в технических системах». – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2018. – С. 148–156.
3. Буренок В. М. Принципы обеспечения инновационного развития Вооруженных Сил Российской Федерации // Вооружение и экономика. 2016. № 1 (34). С. 3–8.
4. Юсупов Р. М. Наука и национальная безопасность. – СПб.: Наука, 2011. – 369 с.
5. Лефевр В. А. Рефлексия. – М.: Когито-Центр, 2003. – 96 с.
6. Макаренко С. И. Робототехнические комплексы военного назначения – современное состояние и перспективы развития // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 2. С. 73-132. – URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/04-Makarenko.pdf> (дата обращения 03.11.2018).
7. Макаров Н. Е. Основные направления модернизации системы управления // Федеральный справочник. Оборонный комплекс РФ: Состояние и перспективы развития. 2010. Том 7. С. 127–144
8. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. – М.: Мир, 1984. – 285 с.
9. Емелин В. И., Федотов А. А. Технологии радиоэлектронного мониторинга в системах вооружения и военной техники ВМФ. – СПб.: Отраслевые журналы, 2017. – 120 с.

### References

1. Ryabov K. Robotic complex «Surrogate»: a small submarine for the exercise of the fleet. *Military Review*, 08.12.2016. Available at: <https://topwar.ru/105129-robotizirovannyyu-kompleks-surrogat-malaya-podvodnaya-lodka-dlya-ucheniya-flota.html> (appeal date 3.11.2018) (in Russian).
2. Allakuliev Yu. B. Kontseptsiia beregovogo tsentra upravleniia avtonomnymi robotami dal'nego radiusa deistviia [Concept of the Onshore Control Center for Autonomous Long-Range Robots]. *Proceedings of the Thirteenth All-Russian Scientific and Practical Conference "Perspective Systems and Control Problems". IX*

*Youth Workshop School "Management and Processing of Information in Technical Systems"*, Rostov-on-Don, Southern Federal University, 2018, pp. 148–156 (in Russian).

3. Burenok V. M. Principles of innovative development of the Russian Armed Forces. *Armament and Economics*, 2016, no. 1 (34), pp. 3–8 (in Russian).

4. Yusupov R. M. *Nauka i natsional'naiia bezopasnost'* [Science and National Security]. Sankt-Peterburg, Nauka [Science publ.], 2011. 369 p. (in Russian).

5. Lefevr V. A. *Refleksiiia* [Reflexion], Moscow, Kogito-Centre publ., 2003. 96 p.

6. Makarenko S. I. Military Robots – the Current State and Prospects of Improvement. *Systems of Control, Communication and Security*, 2016, no. 2, pp. 73–132. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2016-02/04-Makarenko.pdf> (accessed 3 November 2018) (in Russian).

7. Makarov N. *Osnovnye napravleniia modernizatsii sistemy upravleniia v VS RF v sovremennykh usloviakh* [The main directions of modernization of the control system in the Armed Forces of the Russian Federation in modern conditions]. *Oboronnyi kompleks RF: Sostoianie i perspektivy razvitiia* [The Defense Complex of the Russian Federation: The State and Development Prospects], 2010, vol. 7, pp. 127–144. Available at: <http://federalbook.ru/files/OPK/Soderjanie/OPK-7/III/Makarov.pdf> (accessed 18 May 2019) (in Russian).

8. Gilmore R. *Applied Theory of Disasters*. Moscow, Mir Publ., 1984. 285 p.

9. Emelin V. I., Fedotov A. A. *Tekhnologii radioelektronnogo monitoringa v sistemakh vooruzheniia i voennoi tekhniki VMF* [Radio-electronic monitoring technologies in weapons systems and military equipment of the Navy]. Sankt-Peterburg, *Otraslevye zhurnaly* [Industry magazines], 2017. 120 p. (in Russian).

**Статья поступила 13 февраля 2019 г.**

### **Информация об авторе**

*Аллакулиев Юрий Борисович* – кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры боевого применения средств связи. Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С.О. Макарова. Область научных интересов: военное и административное управление, радиоэлектронные системы и комплексы радиоэлектронного мониторинга, включая вопросы анализа и синтеза информации, совершенствования систем управления и принятия решений с целью повышения эффективности объектов исследования. E-mail: [allakuliev@mail.ru](mailto:allakuliev@mail.ru)

Адрес: Россия, 690062, г. Владивосток, Камский переулок, 6.

## Analysis problematic issues of control of the autonomous underwater vehicles from a coastal control center and the conceptual directions solution justification

Yu. B. Allakuliev

**Problem statement.** Determining factors and threats that will make the most significant impact on an autonomous underwater vehicle (AUV) control process is an important issue during the time of the information collecting, transmitting and displaying systems (ICTDS) of a coastal control center (CCC) of AUV assessing effectiveness process. It is necessary to consider possible options of coordination of decisions, are made by the automated control system (ACS) of CCC and ACS of AUV, taking into account potential artificial intelligence systems use. **The aim of this paper** is methodological directions of AUV group management creation justification. **Methods.** General scientific research methods, control processes modeling, conceptual directions substantiation of rational structure creation of ICTDS of CCC ACS are used to solve the problem. **The novelty of the paper** is to apply a systematic approach while using information technologies in AUV ACS operation. Such approach allows to solve the information structuring problem in ICTDS and to change the organization of AUV control. **Result.** The development of new technologies which provides information data stability for CCC at the time of electronic warfare is the final result of this study. The creation of the distributed artificial intelligence system and the solutions coordination system in AUV is a promising direction for the Navy information infrastructure development. **Practical significance of the paper.** The implementation of proposed directions of ACS improvement as a part of CCC special mathematical support will increase the efficiency of AUV control process in a course of their tasks execution.

**Keywords:** information collecting, transmitting and displaying system, coastal control center, automated control system, autonomous underwater vehicle, responsible person, cognitive function.

### Information about Author

Yury Borisovich Allakuliev – Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Combat Use of Communication Facilities. Makarov Pacific Naval High College. Fields of research: military and administrative management, radio-electronic systems and radio-electronic monitoring complexes, including the analysis and synthesis of information, improvement of management systems and decision-making with the aim of increasing the effectiveness of the objects of study. E-mail: allakuliev@mail.ru

Address: Russia, 690062, Vladivostok, Kamskiy pereulok, 6.