



УДК 623.825 + 621.396.67

**А. В. Шляхтенко**, генеральный директор — генеральный конструктор ЦМКБ «Алмаз», профессор, д. т. н.  
**И. Г. Захаров**, заместитель генерального конструктора по перспективному проектированию ЦМКБ «Алмаз», профессор, д. т. н.  
**Э. Л. Лысенко**, заместитель генерального конструктора по вооружению ЦМКБ «Алмаз», к. т. н.

## РАЗВИТИЕ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ И ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНО-АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

*Статья посвящена одной из наиболее заметных тенденций в развитии боевых надводных кораблей конца прошлого века. Способность различного рода сенсоров собирать, передавать и перерабатывать огромные объемы информации выдвинули радиоэлектронные средства на первые роли в системе боевых средств кораблей. В работе дается анализ эволюции корабельных радиоэлектронных и оптико-электронных средств, а также оценка влияния антенных устройств этих средств на архитектуру корабля. Обосновывается необходимость создания многофункциональных радиоэлектронных комплексов, излагаются перспективы перехода на неподвижные антенно-фазированные решетки. Отмечается, что внедрение новых корабельных антенных устройств ведет к формированию проектно-архитектурных решений, радикально меняющих облик перспективных надводных кораблей.*

Одной из тенденций в развитии боевых надводных кораблей конца прошлого века стало повышение роли и значения корабельных средств освещения обстановки и телекоммуникации. Знать все, что происходит вокруг корабля, начиная от непосредственной близости и как можно дальше, за пределами видимого горизонта, всегда было важным для экипажа, готовящегося к встрече с врагом. Praemonitus, praemunitus (лат.), предупрежден — значит, вооружен, говорили древние римляне. И сегодня это выражение как никогда более актуально. Очевидно, что освещение обстановки необходимо для того, чтобы экипаж мог иметь информацию о своих силах и средствах, а также о силах и средствах противника. Но информация также необходима для наведения и управления оружием, воздействия на системы управления оружием противника, решения ряда других важных задач.

Развитие технического прогресса привело к продолжающейся и набирающей все более высокие темпы информационной революции. Способность различного рода сенсоров собирать, с помощью широкополосных цифровых каналов связи передавать, а в мощных вычислительных центрах перерабатывать огромные объемы информации выдвинули их на первые роли в системе боевых средств кораблей. В конце первого десятилетия нынешнего века для обозначения качественных изменений в сфере добывания, передачи, переработки и хранения информации появился специальный термин, характеризующий боевые действия с широким использованием информационных систем — сетевые действия.

Эта концепция ведения боевых действий предусматривает увеличение боевой мощи за счет образования информационно-коммутирующей сети, объединяющей источники информации, органы управления, средства поражения (подавления) и обеспечивающей доведение до участников операций достоверной и полной информации об обстановке в реальном времени.

Чтобы понять, каким образом не боевые, а технические средства сегодня в большей степени определяют боевой потенциал корабля, вспомним известную вероятностную

модель оценки эффективности при нанесении удара по противнику. Она обычно представляется в виде марковской цепи, каждый элемент которой соответствует вкладу той или иной подсистемы в конечный результат. Если для простоты считать, что в модели всего два элемента: вероятность обнаружения цели и вероятность ее уничтожения, то становится понятным, что при низкой вероятности обнаружения никакое повышение ударных возможностей не будет гарантировать успех. Именно обеспечение высокой вероятности обнаружения противника и является характерной особенностью современной вооруженной борьбы на море. При этом способность обнаруживать противника зависит не только от технических средств самого корабля. С каждым годом у вероятного противника появляются новые возможности маскировать свои силы с помощью stealth-технологии и средств радиоэлектронного противодействия, что вызывает необходимость дальнейшего совершенствования корабельных средств обнаружения.

Другой причиной, определяющей приоритетное развитие информационных систем, является снижение вероятности развязывания глобальной морской войны, когда любая появляющаяся на индикаторах и не отвечающая на запрос цель могла бы быть признана противником и атакована. В современных условиях в зоне боевых действий могут оказаться сотни судов и десятки самолетов, не имеющих отношения к начавшемуся вооруженному конфликту. Последствия гибели такого объекта могут оказать гораздо большее влияние на ход конфликта, чем возможный успех в результате уничтожения противника. Поэтому повышение вероятности распознавания обнаруженных целей является одной из приоритетных задач, надежное решение которой может быть обеспечено только путем объединения информации, поступающей по сети от многих источников.

Наконец, можно указать еще одну причину, вызвавшую интенсивное развитие информационных систем. В результате опережающего роста стоимости военно-морских вооружений и снижения угрозы развязывания



глобального военного конфликта общая численность боевых кораблей основных классов стала заметно сокращаться. Чтобы сохранить численность корабельного состава на минимально необходимом уровне в программы кораблестроения морских стран, наряду с более мощными надводными кораблями, стали включать корабли, уступающие им как в количестве, так и в качестве вооружения. В этом плане преимущество сетецентрической концепции заключается в том, что она позволяет рассматривать в качестве эффективных узлов телекоммуникационной сети даже относительно небольшие корабли. И наоборот, получив обширную и достоверную сетевую информацию, любой корабль значительно повышает вероятность использования своего боевого потенциала.

Важнейшим материальным компонентом сетецентрической концепции на морских театрах военных действий являются корабельные радиоэлектронные средства получения информации и управления оружием. От особенностей развития этих средств в значительной степени зависит боевой потенциал современных кораблей и успешность реализации самой сетецентрической концепции.

Широкое применение корабельных радиоэлектронных средств началось с освоения радиолокационных станций (РЛС) в середине тридцатых годов прошлого века. Эти средства почти сразу же стали использоваться для обнаружения надводных и воздушных объектов (РЛС ОВНЦ). Несколько позже получили распространение навигационные РЛС. В период после второй мировой войны, во время которой был получен значительный опыт боевого применения РЛС, этот вид вооружения начинает интенсивно развиваться. За прошедшие несколько поколений был пройден большой путь от двухкоординатных станций метрового диапазона к трехкоординатным РЛС дециметрового и сантиметрового диапазонов, использующих параболические антенны. Эти станции обеспечивали обнаружение как высоколетящих, так и скоростных малогабаритных низколетящих целей на фоне интенсивных отражений от взволнованной морской поверхности и в условиях преднамеренных помех.

Одновременно с появлением управляемого оружия разрабатывались и принимались на вооружение РЛС, с помощью которых осуществлялось наведение на воздушные и морские цели артиллерийских установок, выдавалось целеуказание ударному ракетному оружию, осуществлялось наведение на цель зенитных управляемых ракет.

Первые поколения этих систем так же, как и РЛС ОВНЦ, использовали антенны параболического типа.

Применение корабельного ударного ракетного оружия большой дальности потребовало создания средств обеспечения целеуказания на полную дальность стрельбы. Работы по поиску путей решения этой задачи велись в нескольких направлениях. Первой получила реализацию идея использования для целеуказания авиационного выносного наблюдательного поста (АВНП) с трансляцией радиолокационного изображения на корабль. Второе направление предполагало использование пассивного радиолокационного канала обнаружения работающих радиолокационных станций противника. Оба эти направления получили практическое развитие. Однако если АВНП являлся реальным прообразом узла сетевой информации, имеющим перспективу, в том числе с освоением дистанционно пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА), то с локализацией вооруженных конфликтов на море и необходимостью получения надежного распознавания обнаруженных целей, системы обнаружения работающих радиолокационных станций противника стали приобретать вспомогательную роль, в значительной степени совпадающую с той, которую играет радиотехническая разведка (РТР), что, разумеется, сказалось на их месте в системе вооружения корабля. Со временем эти системы были дополнены средствами получения информации со спутников и информацией, поступающей по каналам взаимного обмена информацией и взаимного ориентирования (ВЗОИ-ВЗОР).

Конструктивно антенны систем целеуказания ракетному оружию, как правило, располагались под общим обтекателем, который в связи с этим приобрел значительные размеры.

Развитие радиоэлектронных средств привело к необходимости противодействия им в форме радиоэлектронной борьбы (РЭБ), которая имеет целью выявление радиоэлектронных средств управления силами и противокорабельным оружием, их радиоэлектронное подавление, радиоэлектронную защиту своих средств и противодействие техническим разведкам. К корабельным радиоэлектронным средствам РЭБ относятся, в основном, средства РТР, радиотехнического обнаружения работающих станций противника (РТО) и средства активных радиоэлектронных помех. Радиоразведка также является средством РЭБ, но относится к номенклатуре средств связи.



Рис. 1. Пример размещения большого количества антенн



Рис. 2. РЛС на неподвижных ФАР





К началу нового века в развитии средств РЭБ был достигнут уровень, обеспечивающий решение стоящих перед ними задач и не уступающий лучшим мировым достижениям. При этом антенные устройства средств РЭБ получили разнообразную конфигурацию и многочисленную номенклатуру.

В целом, на этом этапе в результате создания всех рассмотренных радиоэлектронных средств архитектура надводных кораблей характеризовалась развитой системой мачт, на которых размещались значительные по своим габаритным характеристикам параболические антенны, в том числе заключенные в защитные обтекатели. По мере развития техники, появления все новых радиоэлектронных средств количество антенных постов росло, вводя в противоречие с общепроектными решениями и создавая реальную угрозу потери здравого смысла. Так, для кораблей класса крейсер и эскадренный миноносец, на которых предусматривается двухшелонное размещение оружия и резервирование вооружения, количество параболических антенн могло достигать полутора десятков. А общее число антенных постов, — полусотни (рис.1).

В результате работы в ограниченном пространстве такого большого количества излучающих устройств возникла проблема электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. На начальном этапе эту задачу удавалось решать на основе методов упреждающего бланкирования и пространственно-временного разноса. Однако усложнение радиоэлектронной обстановки, в том числе из-за бесскважной работы приоритетных систем, а также роста потоков сигналов непреднамеренных помех, не позволило справиться с этой проблемой в полной мере. При этом значительно возросла заметность корабля, увеличались углы затенения зон освещенности РЛС, размещенные на виду антенные посты обладали невысокой живучестью, а силуэт корабля приобрел неряшливый внешний вид, мало отвечающий представлениям о высоких технологиях.

Качественное изменение радиоэлектронные средства кораблей получили с внедрением твердотельной элементной базы, на основе которой были созданы мощные вычислительные средства, широкополосные цифровые каналы связи и принципиально иные РЛС на фазированных антенных решетках (ФАР).

Наиболее оптимально в облик современного корабля интегрируются РЛС на неподвижных ФАР. Первые такие РЛС появились еще в конце 60-х годов прошлого столетия (рис.2).

Однако это были дорогие, имеющие большие массо-габаритные характеристики и низкую надежность системы. За прошедшие десятилетия РЛС на ФАР прошли большой путь развития. С переходом на активные решетки (АФАР) их габариты значительно уменьшились, а применение нового поколения элементной базы и совершенствование программного обеспечения позволили повысить надежность этих РЛС. Многократно выросла эффективность РЛС на АФАР, выдвинув на повестку дня вопрос их универсализации, т.е. выполнения одной РЛС функций нескольких специализированных систем. Иными словами, возникла реальная перспектива создания многофункциональных радиолокационных комплексов (МФ РЛК).

Несмотря на достигнутые успехи, до настоящего времени среди ведущих производителей продолжается дискуссия относительно выбора РЛС на неподвижных ФАР и на ФАР с механическим вращением (одной или двух решеток) (рис.3).

Основным аргументом сторон пока продолжает оставаться высокая сложность, стоимость и большие массо-габаритные характеристики РЛС на неподвижных ФАР. Однако сложившиеся тенденции развития твердотельной радиоэлектроники, указывающие на одновременный рост эффективности РЛС на АФАР и снижение их массо-габаритных характеристик, скоро, видимо, положат конец этому противостоянию в пользу неподвижных АФАР.

В предвидении этой перспективы своевременно рассмотреть вопрос об облике антенных постов будущих радиоэлектронных комплексов надводных кораблей. У ведущих разработчиков созданного к настоящему времени поколения радиоэлектронных средств нашла реализацию идея объединения большинства средств в едином конструктиве модульного исполнения, получившего в некоторых источниках название интегрированной башенно-мачтовой конструкции (ИБМК) (рис.4).

Смысл такого решения заключается в возможности объединения большей части радиоэлектронных средств корабля в одном месте с тем, чтобы была возможность комплексной поставки такой интегрированной конструкции, и легче было бы обеспечить ее необходимыми



Рис.3 Фазированная антенная решётка с механическим вращением



Рис. 4. Интегрированная башенно-мачтовая конструкция



рабочими средами и энергией. Очевидно, что механическое объединение на единой конструктивной основе всех радиоэлектронных средств не решает возникших к настоящему времени проблем размещения их на корабле. Такой подход дает определенные преимущества только тогда, когда в интересах систем различного назначения могли бы быть использованы одни и те же антенные устройства, что и приводит к созданию МФ РЛС.

Первым кандидатом на реализацию этой идеи стали РЛС наведения оружия, работающие, как правило, в одном и том же  $x$ -диапазоне волн. Объединение значительного числа антенных постов, обеспечивающих управление артиллерийскими системами и комплексами ПВО, интегрированные в единый антенный пост из четырех расположенных по периметру ИБМК АФАР, значительно улучшило внешний вид корабля и условия работы РЛС (рис.5).

Кроме того, эта РЛС могла использоваться также в качестве резервной РЛС ОВНЦ, а в некоторых случаях, — и для получения целеуказания ударному ракетному оружию (на дальность радиогоризонта).

Можно ожидать, что следующий шаг в интеграции будет связан с объединением функций РЛС обнаружения работающих радиолокационных станций противника, РТР и РТО комплекса РЭБ.

В русле общего направления интеграции антенных постов развиваются и появившиеся относительно недавно оптико-электронные системы. Они так же, как и радиолокационные комплексы, подразделяются на системы освещения обстановки и наведения оружия. Однако если первые органично вписываются в периметр ИБМК, то близость вторых к местам размещения артиллерийских установок остается по известным причинам более актуальной. Поэтому ближайшей перспективой ОЭС станет создание централизованных систем, способных осуществлять пассивное послыное сканирование окружающего пространства и автосопровождение нескольких целей в режиме гироскопической стабилизации. Тогда же, когда требуется особенно высокая степень согласованности оружия и средств наведения, будут применяться настольные ОЭС.

Не так интенсивно, но, тем не менее, заметно начала меняться система антенных постов корабельных средств связи. Эти радиоэлектронные средства корабля появились

задолго до РЛС и всегда оставались составной частью его вооружения, являясь важным средством боевого управления силами на море. Поэтому с самого своего зарождения, когда иных технических средств обмена информацией практически не существовало, и до настоящего времени, средства связи продолжают занимать особое положение, отделяя информацию управления от всякой другой необходимой для ведения боевых действия информации. Вместе с тем, созданы как самостоятельные системы и продолжают развиваться автоматизированные комплексы обмена данными для кораблей и судов. Значительным препятствием к объединению систем передачи формализованной информации и системы связи корабля является особая организация связи, построенная в интересах управления кораблем и другими силами и позволяющая передавать и получать сигналы боевого управления, а также вести переговоры с гражданскими субъектами и субъектами международного права. Несмотря на это, в настоящее время уже выдвигаются требования по созданию многофункциональных комплексов связи (МКС), объединяющих информационные ресурсы и телекоммуникационные сети.

С точки зрения размещения на корабле, такой комплекс должен иметь единую систему антенных устройств, обеспечивающих согласованное использование системы передачи данных и радиосвязи. Как правило, современная аппаратура связи корабля использует значительное количество антенн, сравнимое с числом приемо-передающих устройств. К этому количеству добавляются крупногабаритные антенны космической связи и различные антенны специального назначения. Так же, как и в случае с РЛС, большое количество антенных устройств увеличивает заметность корабля, ухудшает ЭМС, отрицательно влияет на проектно-архитектурные решения, что ставит перед разработчиками средств связи задачу интеграции и унификации антенн. Помимо увеличения работающих на одну антенну количества приемо-передающих устройств, с целью создания благоприятных условий для телекоммуникационных систем на ряде проектов надводных кораблей последних лет появились специализированные мачты (рис.6), на которых предусматривается сосредоточение большинства антенн связи.



Рис. 5. Единый антенный пост



Рис. 6. Специализированная мачта для надводных кораблей





Эти проектные решения отражают растущую роль телекоммуникационных систем в системе вооружения надводных кораблей.

Создание компактного размещения МФ РЛК в едином конструктиве ИБМК, безусловно, является значительным шагом вперед не только в плане функционального объединения радиоэлектронных средств корабля, но и с точки зрения размещения их на корабле. Именно поэтому во втором десятилетии нынешнего века многие разработчики кораблей создали проекты, в той или иной степени реализующие эту идею. Однако с развитием элементной базы и совершенствованием программного обеспечения появляется реальная возможность интеграции антенных систем в архитектуру корабля на новом, более высоком уровне. Этот этап в развитии будет характеризоваться размещением антенных систем не в отдельно стоящей ИБМК, а в плоские грани надстройки корабля в целом. Такое решение позволит решить проблему кругового обзора для большинства радиоэлектронных средств и практически исключит негативное влияние антенных устройств на заметность и архитектуру корабля. Надстройка корабля станет компактной, одноостровной, а распределенные по ее периметру радиоэлектронные системы получат дополнительную живучесть.

Разумеется, что столь радикальное архитектурное решение потребует пересмотреть некоторые традиционно сложившиеся взгляды на формирование надстройки и мачт, размещение различного оборудования, обеспечение деятельности экипажа. Однако уже выполненные к настоящему времени проектные работы показали, что вновь возникающие при этом задачи вполне могут быть удовлетворительно решены. При этом для кораблей крупного водоизмещения, АФАР смогут располагаться выше ходового поста (рис. 8), а для меньшего водоизмещения, — под ним (рис. 7)

Также, со временем в корпусную часть надстройки будут интегрироваться антенны телекоммуникационных систем.

Вместе с тем, для успешной реализации следующего этапа интеграции антенных систем радиоэлектронных средств в архитектуру корабля до уровня, соответствующего требованиям сетевой концепции, недостаточно усилий только разработчика проекта корабля. Для достижения этой цели необходимо приложение согласованных усилий органов военного управления ВМФ, Генерального заказчика и, наконец, разработчиков и головных поставщиков МФРЛК и МКС.

Одно из направлений, в котором эти усилия могли бы оказаться плодотворными, вытекает из такого аспекта сетецентрической концепции, как решение задачи распределения информационных средств по узлам сети. В качестве примера такого распределения мог бы стать отказ от размещения на корабле всей номенклатуры радиоэлектронных средств за счет передачи части необходимой информации по каналам связи. Для реализации этого направления необходимо объединение усилий специализированных управлений ВМФ под общим руководством, чтобы ускорить организационные преобразования, отвечающие темпам развития техники, и исключить ведомственный подход специальных эксплуатационных служб.

Другое направление работы видится в объединении всего комплекса работ по созданию многофункциональных комплексов под руководством единого головного исполнителя, сохраняя при этом минимальную конкурсность и обеспечивая надежность разработчиков комплексов в экономическом и, что, возможно, важнее на современном этапе, в кадровом отношении. В этом случае число контрагентов по поставке радиоэлектронного оборудования будет сокращаться, что должно обеспечить сдерживание роста стоимости и последовательное интегрирование входящих в многофункциональные комплексы систем.

Головные разработчики многофункциональных комплексов должны перейти от простого сложения систем к их универсализации. Тогда количество функций, выполняемых многофункциональными комплексами будет расти, а число и номенклатура антенных постов оставаться на таком уровне, чтобы не входить в противоречие с проектно-архитектурными решениями.

Завершая краткий анализ этапов развития корабельных антенных устройств и действующих тенденций формирования проектно-архитектурных решений надводных кораблей, необходимо заметить, что многие из затронутых в настоящей статье вопросов уже находят свою реализацию в строящихся и даже построенных кораблях, в том числе и по проектам АО «ЦМКБ «Алмаз». Это переход к одноостровной компактной надстройке с размещением неподвижных АФАР по ее периметру, максимально возможное сокращение числа излучающих антенн в интересах их ЭМС и поручение разработчи многофункциональных комплексов головным поставщикам с целью интенсификации интеграционных процессов и сдерживания роста цены поставки.



Рис. 7. АФАР для кораблей меньшего водоизмещения (под ходовым постом)



Рис. 8. АФАР для кораблей крупного водоизмещения (выше ходового поста)