

УДК 351.864:001.89(043.2)

Б.А. Демидов, С.И. Хмелевский, О.А. Хмелевская

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ОБЛИКА АВИАЦИОННЫХ РАКЕТ НА ЭТАПЕ ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассмотрены научно-методические аспекты формирования облика авиационных ракет класса «воздух-воздух» и его согласования с обликом авиационных комплексов на этапе предпроектных исследований. В качестве методической основы концептуально-обликовых исследований принят принцип иерархичности системного подхода к рассмотрению разрабатываемых образцов авиационной техники и вооружения.

Ключевые слова: авиационная группировка, авиационный комплекс, авиационная ракета, концепция, облик ракеты, оперативно-тактические требования.

Введение

Авиационное ракетное вооружение – это часть авиационного вооружения, состоящая из авиационных ракет, которые, наряду с бомбардировочным и стрелково-пушечным бортовым вооружением, определяют боевые (ударные) свойства самолета (вертолета).

Наблюдающееся разнообразие авиационных ракет (АР) обусловлено широким диапазоном условий их применения, большим перечнем и обширной номенклатурой объектов, для поражения которых предназначаются ракеты различного типа, а также отсутствием реальных научно-технических возможностей, которые позволяли бы создавать унифицированную ракету многофункционального назначения, обеспечивающую поражение с высокой вероятностью любых объектов в любых условиях обстановки. При этом требование многофункциональности ракеты должно относиться не только к расширению перечня поражаемых ею объектов, но и к расширению сферы ее применения [1 – 7].

Перспективы развития авиационных ракет, как и авиационной техники в целом, существенным образом определяются методологической обоснованностью установок, в соответствии с которыми выбираются направления (концепции) их развития, а также качеством формирования и оценивания предлагаемых для реализации обликов ракет, планируемых для разработки. Поэтому при обосновании требований к образцам авиационного ракетного вооружения на этапе предпроектных военно-научных исследований необходимо с большой тщательностью подходить к выбору научно-методического аппарата (методов, методик, моделей), который должен быть адекватен решаемым с его помощью задачам. Методология формирования обликов авиационного ракетного вооружения по своей сущности должна быть системной [3, 11, 12].

Цель статьи – обоснование общей методологической схемы предпроектных исследований, проводимых при формировании облика авиационной

ракеты и согласовании его с обликом авиационного комплекса, в состав вооружения которого планируется включать разрабатываемую ракету.

Основная часть

В соответствии с основными положениями и принципами системного подхода авиационную ракету следует рассматривать как компонент (подсистему) системы более высокого уровня иерархии. В качестве таковой выступает авиационный комплекс, в состав вооружения которого АР может (должна) входить.

Авиационная ракета как сложный технический объект, в свою очередь, может быть представлена в виде системы со сложной структурой, в составе которой выделяются три основные составные части: подсистема, обеспечивающая полет АР по заданной траектории; подсистема, выполняющая операции выбора траектории и управления ракетой; подсистема, обеспечивающая поражение заданного объекта противника. Другими словами, АР должна включать в свой состав динамическую и аэродинамическую части, подсистему управления ракетой, боевую часть.

Общая методологическая схема исследований АР, проводимых в процессе ее предпроектных исследований и внешнего проектирования, может быть представлена этапами концептуальных и обликовых исследований. В результате их выполнения должны быть сформированы концепция АР и ее технический облик, т.е. определена концептуальная проектная модель АР [10, 14].

К основным целям концептуальных исследований АР могут быть отнесены:

оценивание оперативно-тактических потребностей в совершенствовании существующей (разработке новой) АР и обоснование предъявляемых к АР оперативно-тактических требований;

определение возможности реализации новых технических решений и технологий, которые обеспечивали бы выполнение заданных оперативно-тактических требований, предъявляемых к АР, и могли бы быть технически реализуемыми;

оценивание финансово-экономических и производственно-технологических возможностей создания АР.

В концепции развития АР прежде всего должны рассматриваться возможные направления улучшения ее боевых свойств, повышения уровня технического совершенства, снижения производственных и иных затрат, которые формируются в соответствии с принципом компромисса между оперативно-тактическими потребностями, научно-техническими и производственно-экономическими возможностями создания АР.

Концептуальные исследования должны быть ориентированы на выявление основных противоречий между оперативно-тактическими потребностями решения боевых задач авиационными комплексами, с которых планируется применение АР, и возможностями их выполнения с использованием прототипов ракет, находящихся на вооружении АК, в условиях, характерных для рассматриваемой перспективы. Анализ этих противоречий позволяет определять потребности совершенствования ракеты, рассматриваемой в составе совокупности авиационного вооружения исследуемого АК, и основные направления наращивания боевых свойств ракеты с целью ликвидации дефицита боевых возможностей АК. Полученные в результате таких исследований оперативно-тактические требования будут в значительной степени определять оперативно-тактическую составляющую концепции совершенствования АК, а следовательно, и оперативно-тактические требования к ракете.

Основными результатами концептуальных исследований должны стать оперативно-тактическая, научно-техническая и производственно-экономическая стороны концепции АР.

В процессе предпроектных исследований должен быть проведен анализ возможных ситуаций и способов боевого применения АР, предварительно оценены последствия от ее применения, рассчитаны размеры и определен порядок серийной поставки ракеты в войска. Синтезирование облика АР в этом случае должно проводиться на основе анализа опыта создания близких по боевым свойствам АР с учетом ожидаемых уровней развития науки и техники в области авиационного ракетного вооружения и с оцениванием конструкторской и производственной реализуемости рассматриваемых его вариантов.

Процесс предпроектных исследований АР может быть представлен последовательно и циклически чередующимися тремя этапами: формирование концепции АР и оперативно-тактических требований к ней, обоснование облика ракеты, формирование проекта ТТЗ на ОКР [9, 11, 14].

Обликовые исследования должны быть ориентированы на обоснование численных значений всего множества характеристик и технических параметров ракеты, определяющих ее качество и эффективность

применения, оказывающих влияние на боевые возможности АК в целом или на то боевое свойство авиационного комплекса, дефицит которого выявлен на этапе концептуальных исследований.

Согласование оперативно-тактических требований к ракете, ее тактико-технических характеристик и технических параметров с боевыми возможностями АК, с которого планируется применение исследуемой ракеты, достигается за счет реализации при ее разработке и изготовлении новых технологий и технических решений. Эти технические решения и технологии должны отражаться в научно-технической составляющей концепции ракеты. Одновременно должны рассматриваться производственно-экономические возможности реализации в ракете требуемых технических решений, которые отражаются в производственно-экономической составляющей ее концепции.

При согласовании облика ракеты и авиационного комплекса возникает необходимость рассматривать (в соответствии с принципом иерархичности системного подхода), как минимум три объекта исследований, относящихся к смежным по непосредственной подчиненности иерархическим уровням, а именно:

авиационную ракету как сложную техническую систему, основные (определяющие эффективность боевого применения АК в целом) характеристики и параметры которой невозможно оптимизировать вне связей с АК (например, дальность полета АР должна быть согласована с дальностью действия бортовой обзорно-прицельной системы);

АК как носитель исследуемой управляемой АР, рассмотрение которого позволит учесть при обосновании облика ракеты условия ее размещения на АК, состав информационного и программного обеспечения на борту носителя;

расчетное авиационное формирование, оснащаемое исследуемыми АК, как организационно-техническую систему, в процессе функционирования которой производится выполнение всей совокупности возлагаемых на авиационные комплексы боевых задач в соответствии с их предназначением.

Исследования, проводимые на различных уровнях иерархии, должны быть согласованы между собой по исходным данным, показателям и критериям оценивания качества и эффективности функционирования рассматриваемых объектов исследований, относящихся к различным по подчиненности уровням иерархии, используемым методам, методам и моделям.

Рассмотрение АК в качестве объекта исследований позволит при обосновании облика АР установить внутренние связи между подсистемами ракеты и авиационного комплекса и выйти на общие показатели, характеризующие АК как единое целое. Расчет таких показателей может быть

выполнен с использованием следующих методик и моделей:

методики синтеза АР, предназначенной для решения задачи взаимно согласованного объединения ее основных составных частей в единую конструкцию, обладающую необходимыми свойствами;

методики синтеза АК, позволяющей увязать все его подсистемы в единый комплекс на основе решения уравнения существования летательного аппарата;

моделей боевого применения АК в соответствии с его назначением, позволяющих выполнить оценивание АК с точки зрения боевой эффективности при его оснащении исследуемой ракетой. При этом должно быть проведено оценивание эффективности как на отдельных этапах решения боевой задачи (взлет, полет до точки пуска ракеты, в зоне ракетной атаки, возвращение и посадка), так и эффективности выполнения расчетной боевой задачи в целом в процессе ведения боевых действий.

Рассмотрение в качестве объекта исследований отдельного АК необходимо для согласования облика ракеты и авиационного комплекса. Однако одного этого недостаточно, поскольку при исследовании отдельного АК не удастся оценить целый ряд характеристик, проявляющихся исключительно в процессе его эксплуатации и боевого применения в составе авиационного формирования. Эти характеристики могут быть определены в результате рассмотрения процесса функционирования авиационного формирования при решении им всей совокупности расчетных боевых задач, возлагаемых на рассматриваемый род авиации. Кроме того, это позволит учесть возможность организации взаимодействия между отдельными АК при групповом применении управляемых АР, между авиационными комплексами и внешними системами, обеспечивающими их боевое применение в заданных условиях выполнения боевых задач, и сформировать научно обоснованный боекомплект в составе бортового комплекса авиационного вооружения АК и определить запасы ракет в арсеналах.

При формировании облика АР в соответствии с предъявляемыми оперативно-тактическими требованиями основной целью, которая должна быть достигнута, является придание ей такого набора свойств, при котором обеспечивалось бы эффективное поражение объектов воздействия.

К наиболее представительным функциональным группам свойств АР относятся те, которые обуславливают ее полет по траектории, поражение цели боевой частью ракеты и формирование управляющих команд ее наведения. Одним из основных динамических свойств ракеты является ее маневренность, характеризующаяся величиной располагаемой поперечной перегрузки.

Боевые свойства АР, проявляющиеся в ходе воздушного боя (авиационного ракетного удара) и являющиеся первичными по отношению к эксплуатационным и экономическим, должны задаваться при формировании ее концепции. Они определяют оперативно-тактический (тактический) облик ракеты. От них зависят технический и эксплуатационный ее облики. Облик ракеты рассматривается как системное представление ее потребных свойств с количественными оценками каждого из них и ракеты в целом.

Облик АР как компонента АК должен быть согласован с его обликом. Согласование облика АР и АК в содержательном смысле представляет собой задачу поиска рациональных значений его характеристик, т.е. характеристик летательного аппарата и его комплексов бортового оборудования и вооружения в целом.

Общая схема исследований, проводимых при согласовании обликов АР и АК, приведена на рис. 1.

При обосновании облика АР должно учитываться ее влияние на носитель и носителя на ракету. Возможности носителя по размещению, информационному обеспечению и созданию условий, необходимых для успешного пуска и наведения АР, существенно влияют на облик ракеты.

При согласовании облика АР и АК необходимо оценивать устойчивость ракеты и других подсистем АК, задействуемых в процессе ее применения, к возможным контрмерам противника. Кроме того, необходимо также учитывать приспособленность ракеты и остальных технических компонентов АК к проведению мероприятий по их модернизации в случае появления дефицита боевых свойств комплекса.

АР в ходе предпроектных исследований и внешнего проектирования будет постепенно приобретать свой облик, последовательно выражаемый в концепции ракеты, оперативно-тактических и тактико-технических требованиях к ней, проекте ТТЗ на ОКР по разработке ракеты. Полнота и подробность представления АР как образца авиационного вооружения будут возрастать по ходу процесса формирования ее облика.

По мере наращивания конкретики в облике АР во все большей степени будут проявляться ее боевые, эксплуатационные и экономические свойства.

Сформированный облик АР должен быть оформлен в виде стандартизированного набора тактико-технических требований, предъявляемых к ракете.

Научно-методический аппарат, привлекаемый к формированию рационального облика АР, должен позволять проводить оценивание поражающих свойств боевой части ракеты, характеристик системы управления ракетой и ее динамических свойств. Соответствующие методики должны рассматриваться как частные по отношению к методике обоснования облика ракеты.

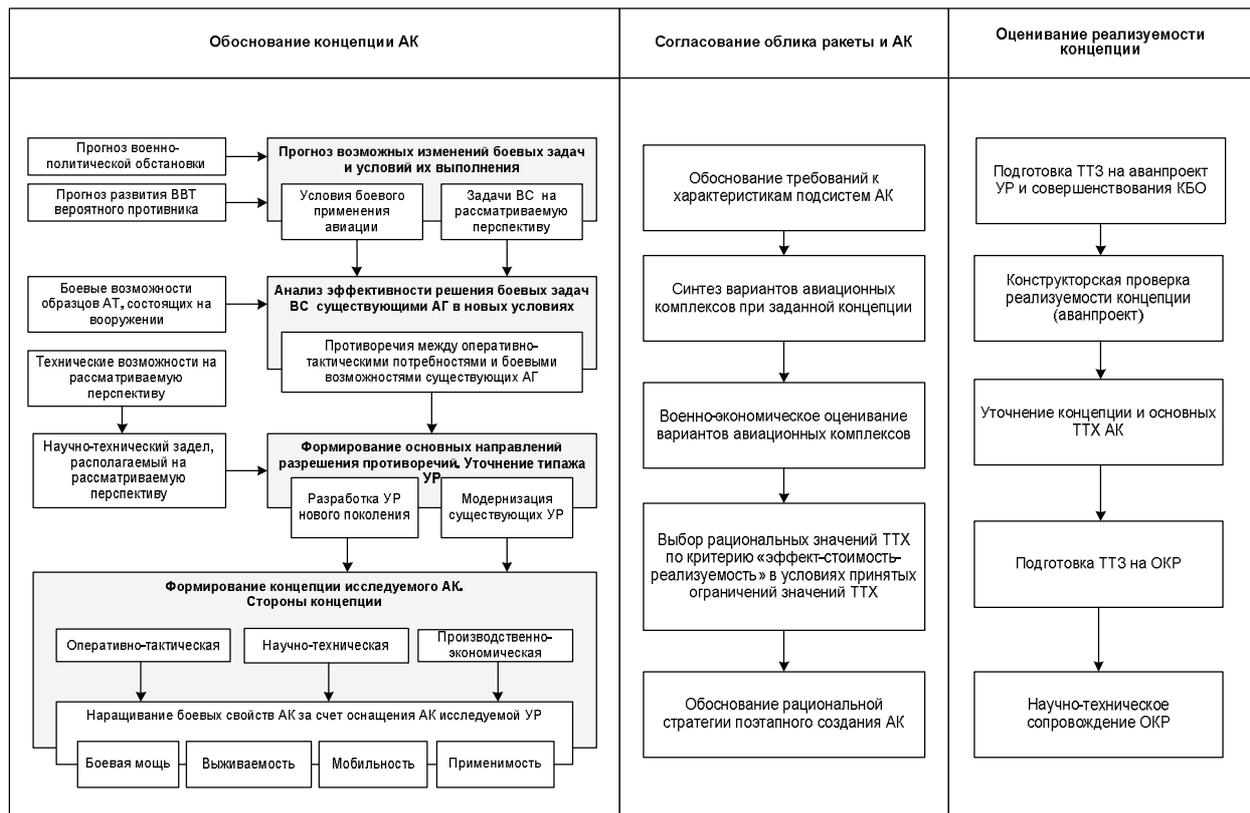


Рис. 1. Общая методологическая схема исследований, проводимых при формировании облика ракеты и согласовании его с обликом авиационного комплекса

В данном случае все методические аспекты должны быть связаны одной целью: сформировать рациональный облик ракеты в интересах дальнейшей его реализации в виде реального изделия при выполнении проектно-конструкторских работ на стадии ОКР.

В связи с повышением требований, предъявляемых к авиационным ракетам, весьма актуальной становится проблема выбора концепции и облика ракеты с учетом системы управления. Это обуславливается тем, что при последующем проектировании АР возникает необходимость согласования ее боевой части с точностью наведения, зависящей от характеристик системы управления.

Облик ракеты на предпроектном этапе исследований можно считать обоснованным в части требований к системе управления ракетой, если установлена зависимость ее боевых свойств от точности определения местоположения ракеты.

Центральным при выборе облика АР является вопрос о том, как должны соотноситься боевой эффект и затраты ресурсов, требуемые для его достижения.

При предпроектных исследованиях авиационных ракет, планируемых для разработки, должен быть проведен сравнительный анализ альтернативных вариантов их технического облика и выбран тот вариант, который подлежит реализации при выполнении ОКР. Оценивание и сравнение альтернативных вариантов может быть осуществлено с использованием некото-

рого выбранного для этого обобщенного скалярного показателя F_0 , например показателя оперативно-тактического или иного вида совершенства ракеты.

Введение такого обобщенного показателя позволяет обеспечить однозначность сравнительного анализа альтернативных вариантов, поскольку в этом случае результат оценивания каждого варианта может быть представлен одним числом (значением обобщенного показателя), что позволяет выстроить конкурирующие варианты в ряд по приоритетности в соответствии ухудшением значения единого обобщенного скалярного показателя.

Обобщенный показатель может быть представлен в виде «свертки» частных показателей, расположенных на соседнем нижележащем уровне иерархической совокупности показателей, каждый из которых, в свою очередь, может быть подвергнут дальнейшей декомпозиции на частные показатели следующего уровня иерархии и т.д. При этом расчет значений обобщенного показателя может быть выполнен на основе одной из принятых схем свертки частных показателей (аддитивной, мультипликативной и др.).

В результате таких методических действий может быть получено иерархическое эффективно-квалиметрическое отображение АР, включающее группы частных показателей различных иерархических уровней. Оно может быть интерпретировано как иерархическая эффективно-квалиметрическая модель АР, служащая основой для решения

задачи сравнительного анализа альтернативных вариантов облика АР и представленная в виде совокупности обобщенного показателя и частных показателей отдельных свойств ракеты (рис. 2).

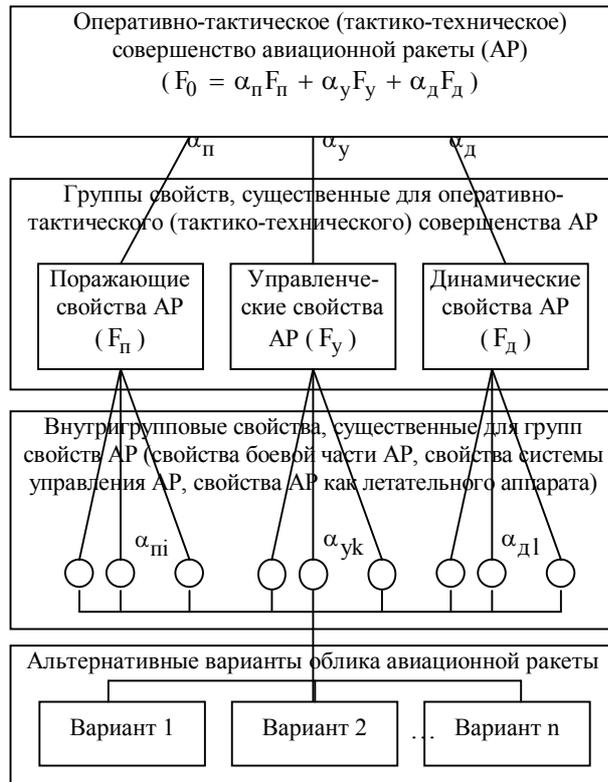


Рис. 2. Иерархическое структурное представление совокупности свойств (показателей свойств) АР, определяющих (характеризующих) ее оперативно-тактическое (тактико-техническое) совершенство

Используя такую модель и метод анализа иерархий (МАИ), можно выполнить сравнительное оценивание альтернативных вариантов технического облика ракеты и выбрать из рассматриваемой их совокупности предпочтительный (рациональный) вариант, подлежащий реализации.

Одним из важных достоинств рассмотренной методической схемы концептуально-обликовых исследований АР является то, что, используя ее, можно учесть влияние на значение обобщенного показателя не только большинства ТТХ, определяющих отдельные боевые (функциональные) свойства, но и уровни вкладов каждого из них в уровень оперативно-тактического или иного вида совершенства АР. Уровни вкладов могут быть учтены с помощью соответствующих весовых коэффициентов, определяемых по экспертным данным в соответствии с расчетной схемой метода анализа иерархий [15,16]. Этот метод позволяет определять степени влияния элементов нижележащего уровня иерархии на элементы соседнего выше расположенного уровня с последовательным восхождением к вершине иерархической структуры. В данном случае эта вершина соответствует обобщенному показателю

уровня совершенства облика планируемой для разработки авиационной ракеты.

На каждом уровне иерархии частным показателям присваиваются весовые коэффициенты, значения которых определяются методом анализа иерархий. Этот метод реализует системную процедуру, в соответствии с которой строится доминантная иерархия совокупности показателей, с помощью которых оцениваются (характеризуются) те или иные свойства объекта исследования, упорядоченные по подчиненности в соответствии со степенью их вклада в свойство, характеризующее обобщенным показателем. Это свойство при построении иерархической структуры свойств (графа в виде «дерева» свойств) последовательно декомпозируется на все более простые свойства, относимые к определенным уровням иерархии свойств и характеризующиеся своими частными показателями, для которых определяются соответствующие весовые коэффициенты ($\alpha_p, \alpha_y, \alpha_d; \alpha_{pi}, \alpha_{uk}, \alpha_{d1}$).

Весовые коэффициенты, с которыми частные показатели должны отражаться в обобщенном показателе рассматриваемого уровня совершенства АР, необходимо выбирать таким образом, чтобы они соответствовали значимости вклада в уровень совершенства каждого из свойств ракеты, характеризующего тем или иным частным показателем.

Ранжирование свойств ракеты из-за неравнозначности их вклада в ее совершенство является одной из основных процедур, которые необходимо выполнить при решении задачи сравнительного анализа альтернативных вариантов технического облика ракеты.

Выводы

При обосновании облика авиационной ракеты прежде всего должны быть рассмотрены научно-исследовательские задачи, перечень, постановки и решение которых дают возможность сформировать облик ракеты под ее концепцию и оперативно-тактические требования. Концептуальные исследования при этом должны быть направлены, прежде всего, на поиск путей разрешения выявленных противоречий между оперативно-тактическими потребностями решения боевых задач авиационными комплексами и возможностями их выполнения и, как следствие, на ликвидацию дефицита боеспособности существующей авиационной группировки, имеющей на вооружении АК данного типа, за счет оснащения их новыми (модернизированными) авиационными ракетами.

Этап формирования облика для процесса проектирования современных АР является решающим, так как на этом этапе принимаются все основные технические решения, в том числе и такие, которые

в дальнейшем нельзя существенно изменить, не ставя под угрозу срыва всю разработку.

Проблема выбора концепции и оптимальных параметров облика АР является особенно актуальной в связи с повышением требований, предъявляемых к ракетам.

По результатам концептуально-обликовых исследований АР должен быть сделан выбор предлагаемого для реализации варианта ее конструктивно-технического исполнения, наиболее предпочтительного в смысле возлагаемых на АР задач и возможностей ее создания. Такой выбор может быть осуществлен на основе компромисса между предъявляемыми оперативно-тактическими требованиями, научно-техническими и производственно-экономическими возможностями разработки и серийного производства новой авиационной ракеты.

Список литературы

1. *Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра / под ред. Е.А. Федосова. – М.: Дрофа, 2005. – 815 с.*
2. *Авиация ВВС России и научно-технический прогресс. Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра / под ред. Е.А. Федосова. – М.: Дрофа, 2005. – 734 с.*
3. *Канащенков А.И. Формирование облика авиационных систем управления вооружением / А.И. Канащенков. – М.: Радиотехника, 2006. – 336 с.*
4. *Гусейнов А.Б. Эффективность крылатых ракет / А.Б. Гусейнов. – М.: Изд-во МАИ, 2003. – 96 с.*
5. *Харук А.И. Боевая авиация XXI века / А.И. Харук. – М.: «Яуза», «Эксмо», 2011. – 304 с.*
6. *Афанасьев П.П. 101 выдающийся летательный аппарат мира / П.П. Афанасьев, А.М. Матвеев, Ю.М. Шустров. – Изд. 2-е, перераб. и дополн. – М.: Изд-во МАИ, 2005. – 316 с.*
7. *Военная авиация. – Мн.: Попурри, 2003. – 640 с.*
8. *Гриб Д.А. Методологічний підхід до формування технічного обриску перспективних зразків та зразків озброєння і військової техніки, що модернізуються / Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, М.В. Науменко // Наука і оборона. – 2009. – № 4. – С. 30-34.*
9. *Гриб Д.А. Системно-концептуальні основи і елементи методології формування оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог, що пред'являються до перспективних зразків озброєння і військової техніки та зразків, що модернізуються / Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, М.В. Науменко // Системи озброєння і військова техніка. – 2009. – №2(18). – С. 65-73.*
10. *Демидов Б.А. Системная методология формирования концептуальных проектных моделей перспективных сложных образцов вооружения и военной техники / Б.А. Демидов, М.В. Науменко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2010. – № 1. – С. 8-15.*
11. *Демидов Б.А. Методический подход к формированию облика перспективных боевых авиационных комплексов / Б.А. Демидов, О.А. Хмелевская // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2010. – № 2(4). – С. 58-64.*
12. *Демидов Б.А., Науменко М.В. Системная методология в разработке боевой авиационной техники нового поколения / Б.А. Демидов, М.В. Науменко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2010. – № 1(65). – С. 34-42.*
13. *Демідов Б.О. Системна методологія обґрунтування, формування та реалізації оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог до зразків (комплексів, систем) озброєння та військової техніки / Б.О. Демідов, М.І. Луханін, М.В. Науменко // Наука і оборона. – 2011. – № 1. – С. 45-50.*
14. *Демидов Б.А. Системная методология планирования развития, предпроектных исследований и внешнего проектирования вооружения и военной техники: моногр. / Б.А. Демидов, М.И. Луханин, А.Ф. Величко, М.В. Науменко; под ред. Б.А. Демидова. – К.: ИД «Стилос», 2011. – 484 с.*
15. *Саати Т.Л. Принятие решений при зависимых и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.*
16. *Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений: Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко. – К.: Наукова думка, 2002. – 382 с.*

Поступила в редакцию 19.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Б. Леонтьев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ОБЛІКУ АВІАЦІЙНИХ РАКЕТ НА ЕТАПІ ПРЕДПРОЕКТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Б.О. Демідов, С.І. Хмелевський, О.О. Хмелевська

Розглянуто науково-методичні аспекти формування обліку авіаційних ракет класу «повітря-повітря» та його узгодження з обліком авіаційних комплексів на етапі предпроектних досліджень. В якості методичної основи концептуально-облікових досліджень прийнято принцип ієрархічності системного підходу до розглядання зразків авіаційної техніки і озброєння, що розробляються.

Ключові слова: авіаційне угруповання, авіаційний комплекс, авіаційна ракета, концепція, облік ракети, оперативно-тактичні вимоги.

METHODOLOGICAL APPROACH TO THE FORMATION OF AIRCRAFT MISSILES SHAPE ON PRERESEARCH STAGE

B.A. Demidov, S.I. Khmelevskiy, O.A. Khmelevskaya

Methodological aspects of the shape formation of "air-to-air" aircraft missiles and its matching with the shape of aircraft systems at preresearch stage are reviewed. As a methodological basis of conceptual accounting researches the hierarchy principle of the system approach to the analyzing of developed models of aircraft equipment and weapons is approved.

Keywords: aviation group, aviation complex, aircraft missile, concept, missile shape, operation and tactical requirements.