

УДК 351.864:001.89(043.2)

Опубліковано 18 жовтня 2021 року

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ОБЛИКА ЗЕНИТНОЙ РАКЕТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЗИСА

ЛУКЬЯНЧУК Вадим Владимирович 

доктор технических наук, старший научный сотрудник,
начальник научно-исследовательского отдела научного центра Воздушных Сил
Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

НИКОЛАЕВ Иван Михайлович 

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный
сотрудник научно-исследовательского отдела научного центра Воздушных Сил,
Харьковский национальный университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

УКРАИНА

Аннотация: *Зенитные ракетные системы (ЗРС) создаются для решения задач противовоздушной обороны (ПВО) важных государственных объектов и группировок войск и должны в полной мере удовлетворять высоким требованиям борьбы с существующими и перспективными средствами воздушного нападения (СВН). Стремление к обеспечению превосходства над воздушным противником обуславливает непрерывный процесс создания ЗРС с более высокими боевыми возможностями. В статье рассматривается методологический подход к обоснованию облика зенитной ракетной системы на основе современного технологического базиса.*

ВВЕДЕНИЕ.

Системообразующим элементом группировок ПВО являются ЗРС средней дальности (СД), которые должны обеспечивать поражение основной массы аэродинамических и баллистических целей в своей зоне ответственности в условиях огневого и радиоэлектронного противодействия со стороны воздушного противника [1, 10-18].

Основным фактором развития ЗРС СД является необходимость парирования угроз, исходящих от современных и перспективных СВН, количественному и качественному развитию которых в экономически развитых странах мира уделяется большое внимание. Опыт локальных войн конца XX – начала XXI столетия показал, что в будущем военном

конflikте ЗРС СД предстоит вести борьбу как с самолетами стратегической и тактической авиации, так и с ракетными и авиационными средствами поражения, обеспечивая при этом собственную выживаемость и оборону важнейших объектов государственного и военного управления, экономики и вооруженных сил от ударов с воздуха. По мнению зарубежных военных специалистов, эффективное решение задач ПВО в будущей войне следует искать на пути создания универсальных, многоканальных и мобильных ЗРС СД, способных бороться как с аэродинамическими целями, так и с баллистическими и крылатыми ракетами [10]. Все средства ЗРС СД должны обладать высоким быстродействием, высокой мобильностью и подвижностью, работать на инженерно не подготовленных позициях и осуществлять взаимодействие с другими средствами ПВО с помощью линий радиосвязи, а также иметь возможность автономного ведения боевых действий без централизованного управления от вышестоящих командных пунктов.

Характерной особенностью боевого применения современных ЗРС СД для поражения тактических баллистических ракет (ТБР) является острый дефицит времени на обработку цели, вследствие чего практически все составляющие рабочего цикла должны быть полностью автоматизированы, а зенитные управляемые ракеты (ЗУР) должны быть высокоскоростными для увеличения рубежей перехвата и сокращения времени полета к цели. Кроме того, для поражения баллистических ракет требуется значительное повышение энергетического потенциала радиолокационных средств по сравнению с аэродинамическими целями. Для реализации этих требований в современных ЗРС СД должны быть задействованы самые современные технологии, воплощающие в себе последние достижения научно-технического прогресса в различных областях науки и техники.

Общей закономерностью развития ЗРС СД является непрерывное их усложнение, сопровождающееся существенным увеличением сроков и затрат на их разработку и серийное производство. В связи с этим существенно возрастают требования к доказательности и качеству военно-научных исследований по обоснованию облика перспективной ЗРС СД. Определяющим фактором качества этих исследований является уровень методологии их проведения.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА.

Опыт стран, занимающих передовые рубежи в сфере разработки и производства зенитного ракетного вооружения, показывает, что облик ЗРС СД определяется в результате концептуального проектирования, или, другими словами, синтеза, в процессе которого принимается большинство решений по составу, структуре, принципам построения и алгоритмам функционирования системы. Синтез облика ЗРС СД начинается с разработки основных направлений развития зенитного ракетного вооружения, продолжается в ходе военно-технических исследований по обоснованию оперативно-тактических (ОТТ) и тактико-технических требований (ТТТ) к системе в рамках военных научно-исследовательских работ (НИР) и завершается (в концептуальном смысле) в специальной промышленной НИР, направленной на разработку тактико-технического задания (ТТЗ) на опытно-конструкторскую работу (ОКР) по созданию ЗРС СД конкретного целевого назначения. Поскольку эффективность применения ЗРС СД по назначению напрямую зависит от ее технического облика, практически важными являются вопросы оптимизации структуры и параметров системы с учетом ограничений, накладываемых имеющимися в наличии финансовыми ресурсами, технологиями и техническими решениями [7-11].

Практика свидетельствует о недостаточном внимании заказчика и разработчиков к вопросам методологии обоснования облика предлагаемых к разработке образцов зенитного ракетного вооружения. На сегодняшний день процесс формирования облика перспективных систем зенитного ракетного вооружения, как правило, находится в творческой плоскости и базируется на опыте и знаниях разработчиков. Принятие ошибочных, недостаточно продуманных и не обоснованных решений может привести к неоправданным затратам материальных средств и в конечном итоге к неосуществимости решения поставленных задач. В связи с этим актуальной является задача разработки методологического подхода к обоснованию рационального технического облика перспективной ЗРС СД конкретного целевого назначения, что позволит повысить уровень обоснованности тактико-технических требований (ТТТ) и технических предложений по ее созданию при заданных ресурсных и технологических ограничениях.

Анализ предметной области исследования показал, что в имеющейся отечественной и зарубежной научно-технической

литературе практически отсутствуют публикации по обоснованию облика перспективной ЗРС СД. Исключением являются учебное пособие [5], в котором кратко излагается методология обоснования рациональной структуры построения и обоснования тактико-технических характеристик (ТТХ) ЗРК малой дальности. Однако в данной работе отсутствует математическая постановка задачи синтеза рационального технического облика ЗРС СД, как изделия военной техники конкретного целевого назначения.

Методологические аспекты обоснования облика применительно к другим системам и образцам вооружения и военной техники рассмотрены в работах [6-9]. Результаты, полученные в этих работах, могут быть использованы для формализации задачи синтеза облика перспективной ЗРС СД и обоснования рациональных путей ее решения с учетом заданных ограничений.

Информационной основой для формирования облика перспективной ЗРС СД является концепция ее создания, под которой понимается замысел воплощения в конструкции такого сочетания боевых свойств, которое обеспечивает качественное превосходство перспективной ЗРС СД над зарубежными аналогами и эффективное решение боевых задач формированиями ПВО, комплектуемыми данной системой.

Конкретным представлением концепции перспективной ЗРС СД является технический облик, отображающий ее наиболее характерные черты.

Под техническим обликом перспективной ЗРС СД понимают структуру, принципы устройства и функционирования системы, а также совокупность тактико-технических (ТТХ) и эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) ЗРС СД, которые определяют уровень технического совершенства и приспособленность системы к эффективному выполнению возлагаемых на нее боевых задач по обороне объектов и группировок войск от ударов СВН в прогнозируемых условиях ведения боевых действий.

При решении задачи формирования (синтеза) облика ЗРС СД рассматривается как изделие военной техники, представляющее собой совокупность функционально связанных отдельных боевых и технических средств, объединенных единой организацией функционирования и общим управлением для выполнения задач, определенных назначением системы.

Под боевыми средствами перспективной ЗРС СД понимаются средства, реализующие определенные функции и обеспечивающие решение боевых задач по обнаружению, распознаванию, сопровождению и уничтожению заданной номенклатуры типов (классов) СВН в условиях радиоэлектронно-огневого противодействия со стороны воздушного противника.

К боевым средствам, в общем случае, относятся командно-управляющие средства, специализированные РЛС обнаружения целей и наведения ракет, пусковые установки (устройства), а также зенитные управляемые ракеты (ЗУР). На этапе обоснования облика перспективной ЗРС СД в качестве боевых средств могут выступать соответствующие технологии, под которыми понимаются совокупности документированных знаний и фактографических данных, описывающих назначение, основные тактико-технические характеристики (ТТХ) и принципы функционирования этих средств [1-13].

Задача синтеза облика перспективной ЗРС СД, обеспечивающей требуемую эффективность решения боевых задач при наличии ресурсных и технологических ограничений, относится к классу сложных оптимизационных задач, для решения которой предлагается использовать теоретико-множественный подход, суть которого заключается в следующих положениях [11].

Пусть ЗРС СД как сложная система имеет конечное множество $S = \{S_i\}$, $i = 1, \dots, n$ системных (боевых и эксплуатационных) свойств, определяющих ее качество. Примем, что каждое свойство S_i имеет количественную характеристику – системный показатель качества K_i . Тогда качество ЗРС СД $K_{ЗРС}$ в общем виде может быть описано функционалом от показателей качества боевых свойств $K_{ЗРС} = K_f \{K_i\}$. Проведем декомпозицию ЗРС СД на L подсистем ($l = 1, \dots, L$). Такими подсистемами могут быть, например, командно-управляющая, разведывательно-информационная, огневая и подсистема технического обеспечения. Каждая подсистема обладает собственными свойствами $S_l'' = \{S_{lg}\}$ и описывающими их показателями качества, $K_l'' = \{K_{lg}\}$, где $g = 1, \dots, G_l$, G_l – количество свойств i -й подсистемы. В свою очередь, показатели качества подсистем определяются значениями параметров системы $K_{lg} = K_{lg}(P)$, где $P = \{P_j\}$, $j = 1, \dots, m$ – множество параметров системы (характеристик элементов системы).

Процесс взаимодействия подсистем ЗРС СД определяется множеством системных взаимосвязей $Y = \{Y_h\}$, $h = 1, \dots, H$. Поэтому системные показатели качества ЗРС СД определяются не только показателями качества ее подсистем, но и характером системных взаимосвязей:

$$K_i = \Psi_i[\{K_i^n(P)\}, \{Y_h\}]. \quad (1)$$

Тогда с качеством ЗРС СД может быть описано функционалом

$$K_{ЗРС} = K(P, Y). \quad (2)$$

В процессе применения ЗРС СД в ходе ведения боевых действий качество системы реализуется через ее эффективность:

$$K_{ЗРС} = F[K(P, Y), \Phi(t), V(t), U(t), T], \quad (3)$$

где $\Phi(t) = \{\Phi_z(t)\}$ – множество функций (боевых задач), возлагаемых на ЗРС СД, $z = 1, \dots, Z$; $V(t) = \{E, B(t)\}$ – множество условий функционирования (боевого применения) ЗРС СД, включающее E – качество эксплуатации, $B(t)$ – множество внешних факторов, воздействующих на ЗРС СД в процессе ее функционирования (боевого применения); $U(t) = \{D, A, R, I, R_a, \Phi_a(t)\}$ – множество параметров, характеризующих способы применения ЗРС СД: D – режим функционирования системы, A – состав боевых и технических средств, R – состав применяемых задач специального программного обеспечения и информационных технологий, I – состав используемой информации, R_a – распределение задач специального программного обеспечения по автоматизированным рабочим местам боевого расчета ЗРС СД, $\Phi_a(t)$ – последовательность автоматизированного выполнения функций (задач) в ходе ведения противоздушного боя; T – продолжительность применения ЗРС СД.

Оптимизация параметров структуры перспективной ЗРС СД по критерию «эффективность-стоимость» заключается в решении задачи построения системы с такими параметрами $P^* = \{P_j^*\}$, системными взаимосвязями Y^* и, соответственно, качеством $K^* = (P^*, Y^*)$, которые обеспечивают максимальную эффективность данной системы:

$$\mathcal{E} = \max F[K(P, Y), \Phi(t), V(t), U(t), T] = F[K^*, \Phi(t), V(t), U(t), T] \quad (4)$$

при заданных условиях функционирования $V(t) = V_o(t)$, $T = T_o$, способах применения $U(t) = U_o(t)$ и ограниченной стоимости ЗРС СД:

$$C = F_c(K^*) \leq C_o, \quad (5)$$

где $F_c(K^*)$ – стоимость разработки и эксплуатации ЗРС СД с качеством K ; $C_o = C_p + C_э$ – ограничение на стоимость ЗРС СД: C_p – стоимость разработки, $C_э$ – стоимость эксплуатации ЗРС СД.

Основу научно-методического аппарата решения задачи формирования облика перспективной ЗРС СД должна составлять система имитационно-математических моделей, описывающих процесс боевого функционирования ЗРС СД в составе тактической группы ЗРВ при выполнении совокупности боевых задач в прогнозируемых условиях ведения боевых действий (рис. 1).



Рис. 1. Схема формирования рационального технического облика перспективной ЗРС СД

В общем случае, задача обоснования облика перспективной ЗРС СД заключается в нахождении отображения боевых задач, возлагаемых на систему, на варианты их решения с использованием того или иного состава боевых и технических средств, обеспечивающего минимальное значение затрат на разработку $C_p \rightarrow \min$ в прогнозируемый период времени $T \leq T_{дон}$. Каждая задача $z \in Z$ описывается алгоритмом ее решения, который отображает последовательность выполнения функциональных операций обработки информации и принятия решения на обстрел цели. Затем для каждой функциональной операции выбираются возможные средства ее реализации, в качестве которых могут выступать существующие технологии.

Синтез рационального технического облика перспективной ЗРС СД должен осуществляться в процессе выполнения комплекса исследований, упорядоченного в виде итерационной процедуры и направленного на решение следующих задач [11, 14]:

1) выявление дефицита функциональных свойств существующих ЗРС СД, выявление потребности в новых качествах ЗРС СД на основе исследования функционирования системы зенитного ракетного вооружения на операционных моделях;

2) анализ научно-технического задела и формирование возможных технических путей и способов устранения дефицита функциональных свойств существующих ЗРС СД;

3) формирование альтернативных вариантов облика перспективной ЗРС СД, включая формирование ее функционально-параметрической модели, оптимизация облика ЗРС СД для различных вариантов ее технической концепции;

4) определение рационального варианта облика и области целевого применения перспективной ЗРС СД в составе группировок ЗРВ совместно с существующими и планируемыми к разработке другими типами зенитного ракетного вооружения, оценка технической реализуемости, критических технологий и рисков создания, ресурсных и временных характеристик;

5) комплексная оценка эффективности перспективной ЗРС СД в прогнозируемых условиях ведения боевых действий.

На различных этапах этих исследований ЗРС СД рассматривается как изделие военной техники конкретного целевого назначения в составе системы зенитного ракетного вооружения вида (рода) войск, при этом решается ряд взаимосвязанных вопросов, суть которых можно свести к трем научным задачам анализа и синтеза облика данной системы:

1) обоснование основных тактико-технических требований (ОТТТ) к перспективной ЗРС СД;

2) обоснование ТТТ к основным подсистемам (боевым средствам) перспективной ЗРС СД;

3) разработка тактико-технического задания (ТТЗ) на выполнение опытно-конструкторской работы (ОКР) по созданию перспективной ЗРС СД.

В ходе решения этих задач осуществляется:

- оценка вариантов построения перспективной ЗРС СД по совокупности показателей эффективности и качества;

- оптимизация параметров функциональной, технической и информационной структур ЗРС СД по критерию «эффективность-стоимость»;

- оптимизация способов применения перспективной ЗРС СД по критерию эффективности.

Процедура формирования рационального технического облика перспективной ЗРС СД включает три последовательных этапа, на которых данная система рассматривается с позиций выполняемых функций (функциональный синтез), боевых и технических средств, реализующих данные функции (технический синтез) и функциональных систем и конструктивных элементов (конструктивный синтез).

Основной задачей функционального синтеза является обоснование оптимальных состава, структуры и алгоритма функционирования ЗРС СД. Технический синтез проводится в интересах обоснования оптимальных принципов построения подсистем ЗРС СД, а конструктивный - оптимизации номенклатуры и технических характеристик комплектующих изделий каждой из подсистем ЗРС СД.

На этапе функционального синтеза определяются наиболее важные (с точки зрения решаемых задач) характеристики перспективной ЗРС СД и входящих в ее состав подсистем (рис. 2). Первичные результаты технического и конструктивного синтеза заимствуются из банка данных, полученных при решении задач синтеза ЗРС СД предыдущего поколения. На данном этапе осуществляется:

- подготовка исходных данных для исследований и обоснование множества типовых условий боевого применения перспективной ЗРС СД;

- прогнозирование функционально-технического облика средств воздушного нападения (СВН) как объектов поражения;

- определение базовых множеств способов и средств огневого поражения СВН разных типов (классов) в прогнозируемых условиях ведения боевых действий;

- генерация возможных вариантов состава и структуры перспективной ЗРС СД, выбор общего и частных показателей эффективности.

Кроме того, выполняются предварительные исследования по оценке эффективности альтернативных вариантов облика перспективной ЗРС СД. Особое место на данном этапе занимает задача обоснования (прогнозирования) функционально-технического облика СВН как объектов поражения в условиях существенной априорной неопределенности.

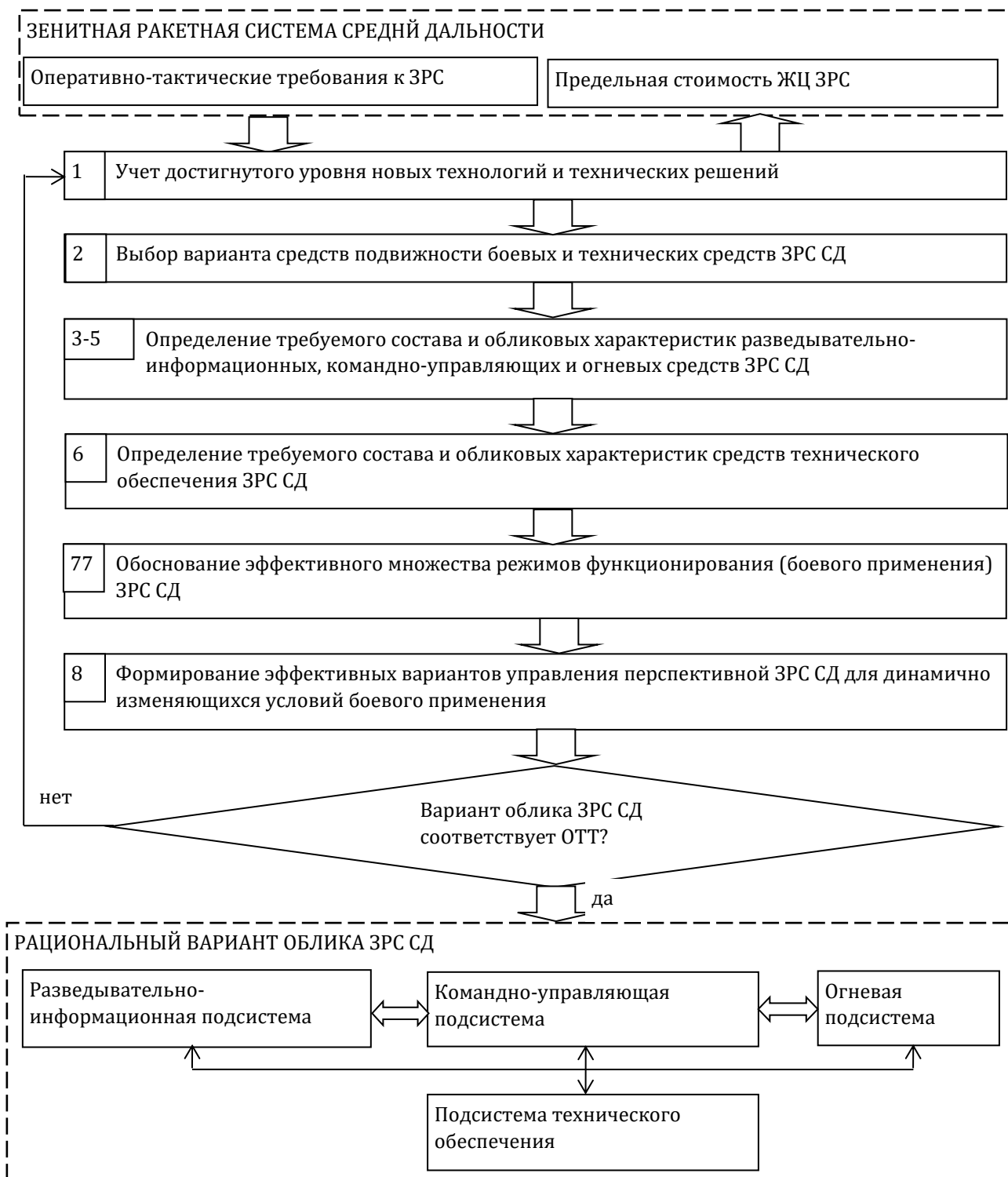


Рис. 2. Алгоритм функционального синтеза облика перспективной ЗРС СД

На втором этапе проводятся функциональный и технический синтезы. При этом первичные результаты конструктивного синтеза заимствуются из соответствующего банка данных. На данном этапе выполняются основные параметрические исследования и получаются

зависимости энергетических и неэнергетических характеристик подсистем (боевых и технических средств) перспективной ЗРС СД от выделяемого ресурса (стоимости, массы, габаритов, энергопотребления) при различных принципах их построения, а также зависимости показателей эффективности ЗРС СД от ее ТТХ в диапазоне возможных ограничений.

На третьем этапе проводятся все виды синтеза перспективной ЗРС СД (функциональный, технический и конструктивный), осуществляется построение целевой функции (основного показателя эффективности как функции характеристик системы) и уточняются оптимальные состав, структура, характеристики и алгоритмы функционирования перспективной ЗРС СД с учетом возможности их реализации на конструктивном уровне. Основное внимание на данном этапе должно уделяться получению зависимостей характеристик подсистем и системы в целом от номенклатуры и технических характеристик ее составных частей (комплектующих изделий) при заданных ограничениях. Полученные в результате оптимизации характеристики перспективной ЗРС СД трансформируются в соответствующие тактико-технические требования (ТТТ), которые является основой для разработки тактико-технического задания (ТТЗ) на выполнение опытно-конструкторской работы (ОКР) по созданию перспективной ЗРС СД.

Особенности задач функционального, технического и конструктивного синтеза перспективной ЗРС СД определяют необходимость использования различных критериев оптимизации и методического аппарата для проведения исследований. В частности, функциональный синтез должен проводиться по критерию максимума показателя боевой эффективности перспективной ЗРС СД с использованием методик (моделей), воспроизводящих динамику конфликта ЗРС с совокупностью СВН разных типов в прогнозируемых условиях их боевого применения [11]. Технический и конструктивный синтезы должны выполняться по критерию минимума стоимости создания подсистем (составных частей) перспективной ЗРС СД с заданными характеристиками. Для проведения технического и конструктивного синтеза должны использоваться методики, позволяющие рассчитывать частные показатели эффективности (характеристики) основных боевых и технических средств

перспективной ЗРС СД в зависимости от характеристик входящих в их состав функциональных систем (комплектующих изделий).

Основным инструментом реализации описанной процедуры формирования облика перспективной ЗРС СД является математическое моделирование, задачей которого является получение оценок эффективности применения существующих и перспективной ЗРС СД в прогнозируемых условиях в составе системы зенитного ракетного вооружения для выявления дефицитов функциональных свойств и формирования вариантов облика перспективной ЗРС СД. Результатом данных исследований является получение описания облика перспективной ЗРС СД в виде совокупности количественно-качественных признаков (параметров), характеризующих данную систему с точки зрения функциональных и экономических характеристик, а также показатели боевой эффективности. К таким показателям относятся [11]:

1) признаки (параметры), определяющие внешнюю конфигурацию и топологию перспективной ЗРС СД: типы, количество и массогабаритные характеристики информационно-управляющих, разведывательно-информационных и огневых средств и средств технического обеспечения; функциональные взаимосвязи между элементами перспективной ЗРС СД при решении задач борьбы с заданными типами СВН: предельные (максимальные или минимальные) расстояния между элементами ЗРС при их размещении на местности, организация и структура системы ПВО, в рамках которой осуществляется (будет осуществляться) функционирование и боевое применение перспективной ЗРС СД;

2) признаки, характеризующие прикрываемые объекты: категория и характеристики (дислокация, размеры, степень важности) объектов, ожидаемый наряд ударных сил на прикрываемые объекты;

3) признаки, характеризующие поражаемые СВН: типы целей с указанием их приоритетности; эффективные поверхности рассеяния, характеристики контрастности и собственного излучения целей в диапазонах волн приемопередающих устройств ЗРС; характеристики уязвимости целей; диапазон скорости полета целей по высотам; максимальная и минимальная высоты боевого применения; типовые варианты боевых действий целей, боевые порядки, виды маневров, перегрузки, углы пикирования;

4) признаки боевой эффективности: требуемая эффективность прикрытия объектов (войск) от ударов СВН; вероятности поражения одиночных целей одной ЗУР для различных типов целей;

5) признаки огневых средств: параметры зоны поражения применительно к каждому типу используемых ЗУР для различных типов целей;

6) признаки огневой производительности: количество целевых и ракетных каналов; рабочее время (время от обнаружения цели до момента схода ракеты); время заряжания (перезаряжания) пусковых (пуско-заряжающих) установок (ПУ, ПЗУ); минимальный интервал между пусками ракет; время непрерывной работы средств ЗРС; степень автоматизации процессов управления и использования ЗРС; возможность ведения ЗРС самостоятельных боевых действий; боекомплект ракет (по типам ЗУР); массогабаритные характеристики ПУ, ПЗУ;

7) признаки условий ведения стрельбы: с заранее подготовленных позиций, с полевых позиций, с коротких остановок, в движении;

8) признаки ЗУР: средние скорости ЗУР при стрельбе на дальнюю границу зоны поражения; ограничения по стартовой массе и габаритным размерам.

Каждый признак облика перспективной ЗРС СД определяется множеством конструктивно-компоновочных решений, а технические решения, в свою очередь, определяются вектором геометрических, конструктивных, а, применительно к ЗУР, и баллистических параметров. Разработка, систематизация и формализованное описание технических решений могут быть проведены на основе анализа состояния и прогнозов развития элементной базы, патентных исследований, опыта проектирования, физических законов, исследований областей применения тех или иных проектных решений.

Таким образом, сущность задачи синтеза рационального технического облика перспективной ЗРС СД состоит в нахождении таких состава, структуры и технических характеристик системы и ее основных составных частей, которые обеспечивают экстремальное значение выбранного показателя боевой эффективности при заданных ресурсных и технологических ограничениях.

Приведенный алгоритм решения задачи синтеза облика перспективной ЗРС СД в методологическом плане позволяет поднять

уровень обоснованности тактико-технических требований и технических предложений по созданию системы, как изделия военной техники конкретного целевого назначения, структурировать этот процесс в виде последовательности взаимоувязанных процедур, что, в свою очередь, позволит перейти к разработке методик и формализации основных этапов функционального и схемотехнического проектирования ЗРС с учетом имеющейся в наличии технологической базы.

Наличие развитой технологической основы обеспечивает возможность формирования облика перспективной ЗРС СД, позволяющей парировать существующие тенденции развития СВН и способов его применения.

Совокупность технологий, используемых для создания современных ЗРС СД, образует так называемый технологический базис, под которым понимают сложноструктурированную область документированных знаний и данных, описывающих ЗРС СД как изделие военной техники конкретного целевого назначения, ее состав, основные характеристики, конструктивные решения и особенности функционирования, а также способы его создания, серийного производства, эксплуатации, ремонта и утилизации [12]. Степень способности государства к самостоятельному производству ЗРС СД на основе современного технологического базиса является одним из важных показателей уровня развития его оборонно-промышленного комплекса (ОПК).

Структурными компонентами технологического базиса ЗРС СД являются технологии построения, функционирования и боевого применения ее составных частей (боевых и технических средств), к которым, в общем случае, относятся технологии [13]: обзорных и стрельбовых РЛС; командно-управляющих средств (пунктов боевого управления); пусковых (пуско-заряжающих) установки (устройств); средств технического обеспечения; базовых шасси; зенитных управляемых ракет (ЗУР).

Составными элементами указанных технологий являются технологии функциональных устройств и систем, к которым относятся технологии антенных, передающих и приемных устройств, устройств индикации и отображения информации, специализированных средств вычислительной техники, связи, электропитания и другие технологии,

необходимые для создания и применения составных частей современных ЗРС СД.

Технологии функциональных устройств и систем, в свою очередь, базируются на технологических достижениях в области микро- и наноэлектроники, оптоэлектроники и лазерной техники, компьютерных и информационных технологий, новых материалов и веществ.

Среди перечисленных технологий особое место занимают базовые (критические) технологии. Эти технологии нацелены на решение принципиально новых военно-технических задач и могут обеспечить существенный прирост тактико-технических характеристик перспективной ЗРС СД ЗРО или значительное снижение затрат на ее эксплуатацию. Состав и приоритетность критических технологий, необходимых для создания современного и перспективного зенитного ракетного вооружения с развитием области военных технологий и смежных областей должен непрерывно уточняться.

Наиболее полно тенденции развития технологического базиса современных ЗРС СД, обеспечивающих решение задач противосамолетной и тактической противоракетной обороны, находят свое отражение в тактико-технических характеристиках и в конструктивных особенностях современных и перспективных ЗРС СД, разработанных или разрабатываемых в развитых странах мира. К ним в настоящее время относятся американские ЗРК семейства «Пэтриот», российские ЗРК семейства С-300ПМУ, ЗРС С-300ВМ «Антей-2500», ЗРК «Витязь», а также ЗРК MEADS, совместную разработку которого осуществляют США, Германия и Италия, и ЗРК SAMB/T, разрабатываемые Францией и Италией.

Важнейшим компонентом технологического базиса перспективных систем ЗРС СД являются радиолокационные технологии, направленные на создание и совершенствование специализированных обзорных и стрельбовых РЛС [9]. Основными функциями этих РЛС являются обнаружение, распознавание, сопровождение, измерение координат и параметров движения большого числа воздушных целей в сложной помеховой обстановке, а также одновременное наведение заданного количества ЗУР на назначенные для обстрела цели. Эффективность выполнения указанных функций зависит как от общей технологической структуры РЛС, так и от качества конструирования составляющих их устройств, узлов и элементов, к которым относятся антенно-фидерные,

приемо-передающие и индикаторные устройства, средства вычислительной техники, автоматического управления и регулирования, различные типы механических узлов и блоков.

В настоящее время в РЛС ЗРС СД для построения сканирующих остронаправленных антенн наибольшее распространение получили технологии фазированных антенных решеток (ФАР), которые позволяют реализовать высокую скорость обзора пространства и увеличить объем информации о распределении источников излучения или отражения электромагнитных волн в окружающем пространстве. Анализ тенденций развития общей технологической структуры РЛС показывает, что принципиально новые характеристики обзорных и стрельбовых РЛС могут быть достигнуты на базе современных технологий вычислительной техники при органическом слиянии антенны с передающим и приемным устройствами и с системой пространственно-временной обработки сигналов. В настоящее время эта технология реализуется в РЛС, создаваемых на основе активных фазированных антенных решеток (АФАР), представляющих собой сочетание миниатюрных радиолокационных приемо-передающих устройств (активных элементов), которые работают в строго согласованном режиме. При этом АФАР становится, по существу первичным звеном обработки и в значительной мере определяет основные характеристики РЛС. Общими узлами РЛС в этом случае являются синхронизатор, высокочастотное распределительное устройство, вычислитель управления лучом, преобразователи информации и индикаторные устройства.

Научно-теоретической базой развития технологий специализированных РЛС ЗРК СД являются достижения в области радиолокации, которая в настоящее время переходит в новое качество – в радиолокационную системотехнику. Функционирование РЛС в системотехнике рассматривается как алгоритм обработки информации. В связи с интенсивным развитием вычислительной техники важное место в реализации алгоритмов обработки информации в современных РЛС занимают информационные технологии.

Другим важнейшим компонентом технологического базиса перспективных ЗРС СД являются ракетные технологии, поскольку боевые возможности ЗРС СД в значительной мере определяются обликом

и ТТХ используемых зенитных управляемых ракет. Основными тенденциями развития ЗУР, в настоящее время являются [3]:

- модульное построение, высокий уровень унификации, простота эксплуатации и технического обслуживания, способность функционировать в любых погодных условиях;

- уменьшение массы и точности наведения, реализация режима “сверхманевренности” за счет внедрения методов газодинамического управления;

- уменьшение времени реакции и перехвата цели за счет вертикального старта и высоких скоростей полета;

- повышение вероятности поражения вискоскоростных, малоразмерных и малозаметных целей

- расширение диапазона дальностей и высот полета, использование аэробаллистических траекторий, совершенствование систем управления с целью обеспечения поражения СВН в широком диапазоне дальностей (от 10 до 400 км), высот (от 0 до 35 км) и скоростей (от 0,2 до 8 М) полета при ограниченном времени их пребывания в зоне поражения, малой ЭПР и активном противодействии;

- совершенствование боевого снаряжения ракет, повышение эффективности поражения целей боевым снаряжением, использование специальных энергетических средств для корректирования полету ракеты в зоне поражения.

Важное место в технологическом базисе ЗРС СД занимают технологии командно-управляющих средств, которые предназначены для автоматизации управления процессами боевой работы ЗРС СД в режимах протовосамолетной и тактической протиракетной обороны. Необходимость использования и развития этих технологий обусловлена высокими плотностями налета СВН и скоротечностью современного противовоздушного боя. Технологии современных командно-управляющих средств ЗРС СД нацелены на реализацию сетевой структуры построения системы управления, обеспечивающей получение информации от различных источников и своевременную выдачу целеуказания на средства поражения и противодействия в реальном масштабе времени. Составными элементами этих технологий являются:

- технологии создания средств управления в сочетании с развитием средств связи и средств временной синхронизации (единой системы

времени), позволяющие по-новому решать задачи целераспределения и целеуказания.

- технологии создания высокопроизводительных спецвычислителей и вычислительных машин общего назначения, а также эффективных алгоритмов обработки информации, позволяющих решать весь спектр вычислительных задач – от обработки локационных сигналов в реальном времени, распознавания целей и завязки трасс, до решения задач оптимального распределения огневых и информационных ресурсов в динамике боевых действий противоборствующих сторон;

- технологии индикаторных устройств, связи и передачи данных, функционального контроля и документирования результатов боевой работы, тенденции развития которых и определяют в настоящее время основные тенденции развития командно-управляющих средств в целом.

К важным компонентам технологического базиса современных и перспективных систем ЗРС СД относятся технологии пусковых установок (пусковых устройств), которые совместно возможностями РЛС (числом целевых каналов) определяют огневую производительность современных ЗРС СД. Современные технологии пусковых установок (устройств) нацелены на создание изделий, обеспечивающих размещение и транспортировку значительного числа ТПК с ракетами, прицеливание, предстартовую подготовку и пуск ракет из ТПК [1, 2]. Пусковые установки объединяются общим командным пунктом, информационной системой, связью и коммуникациями. В ряде современных ЗРС СД стрельбовый радиолокатор размещается на одном шасси с пусковой установкой, что позволяет сократить время реакции ЗРС.

Задача разработчика при применении данных технологий для оптимизации облика перспективной ЗРС СД заключается в согласовании ТТХ боевых и технических средств данной системы по критерию «стоимость-эффективность». Суть этого согласования заключается в том [10], что обзорная РЛС по размерам зоны действия, пропускной способности, точностным характеристикам должна обеспечивать своевременное обнаружение аэродинамических и баллистических целей различного типа и выдачу по ним информации на стрельбовую РЛС для последующего вывода ракет на дальнюю границу зоны поражения и наведения ракет на цели с необходимой точностью. При этом стрельбовая РЛС должна обеспечивать ЗУР информацией необходимой точности на рубежах, обеспечивающих полную реализацию их летно-

технических характеристик, позволяющих поражать цели на дальней границе и в глубине зоны поражения до нанесения целями ущерба прикрываемым объектам. Величина боекомплекта ЗУР, скоростные характеристики ЗУР и система управления ими, пропускные способности пункта боевого управления, стрельбовых и обзорной РЛС должны быть согласованными и обеспечивать отражение массированных ударов различных типов СВН.

Важным компонентом технологического базиса современных ЗРС СД является технология обеспечения их мобильности, что достигается размещением боевых и технических средств ЗРС СД на самоходных колесных или гусеничных шасси повышенной проходимости. Базовые шасси (средства подвижности или базовые машины) современных ЗРС СД оборудуются встроенными системами автономного электропитания, ориентирования и топопривязки, связи и жизнеобеспечения. Основными тенденциями развития технологий базовых шасси в настоящее время являются сокращение их номенклатуры и унификация узлов, повышение грузоподъемности, проходимости, маневренности и скорости передвижения по разным типам дорог и по бездорожью [13].

ВЫВОДЫ С ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Таким образом, учет достижений современного технологического базиса является одним из основных условий формирования рационального технического облика ЗРС СД в условиях имеющихся финансовых и технологических ограничений. Решение этой задачи в методологическом плане требует разработки системы имитационно-математических моделей, описывающих процесс боевого функционирования перспективной ЗРС СД при выполнении совокупности боевых задач в прогнозируемых условиях ведения боевых действий.

Предложенный подход к решению задачи формирования облика перспективной ЗРС СД, предусматривающий выполнение функционального, технического и конструктивного синтеза по критериям максимума боевого показателя эффективности системы и минимума стоимости создания ее подсистем с требуемыми характеристиками позволяют поднять уровень обоснованности тактико-технических требований и технических предложений по созданию ЗРС СД и структурировать этот процесс в виде

последовательности взаимоувязанных процедур, что, в свою очередь, позволит перейти к разработке методик и формализации основных этапов функционального и схемотехнического проектирования ЗРС нового поколения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ:

- [1] Ненартович Н.Э. (2001) Современные зенитные ракетные системы ПВО и нестратегической ПРО. Воздушно-космическая оборона. №3
- [2] Коровин В. Н. (2010) Ракетные комплексы ПВО: тенденции развития // Национальная оборона. – №12
- [3] Болотов Е. Г., & Б. Я. Мизрохи (2004) Новое поколение зенитных управляемых ракет средней дальности Вестник ПВО
- [4] Гриб Д. А., Лук'янчук В. В., & Николаев І. М. (2016) Основні проблеми і напрями розвитку зенітного ракетного озброєння на тривалу перспективу Озброєння та військова техніка. № 1 (19)
- [5] Вишнякова Л. В., Карп К. А., & Малышев В. В. Формирование облика ЗРС – М.:МАИ
- [6] Баскаков В. В. (2006) Методологические аспекты обоснования перспективного облика системы вооружения. Вестник Академии военных наук № 2 (15).
- [7] Самохвалов Ю. Я., Науменко Е. М., & Бурба И.О. Формирование технического облика автоматизированных систем. Реєстрація, зберігання і обробка даних. Т. 13. –№ 3.
- [8] Балыбин В. А., Баринов С. П., & Маевский Ю. Л. (2005) Обоснование тактико-технических требований к технике радиоэлектронной борьбы: методологический аспект. Военная мысль. № 9
- [9] Друзин С.В., & Горевич Б.Н. (2020) Методика формирования облика радиолокационных станций перспективной системы вооружения войсковой ПВО. Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей»
- [10] Друзин С. В., Майоров В. В., & Горевич Б. Н. (2019) Создание перспективной системы вооружения войсковой ПВО нового облика // Вестник «Концерна ВКО «Алмаз – Антей»». № 4.
- [11] Николаев И. М. (2018) Формализация задачи синтеза облика зенитной ракетной системы нового поколения на основе системно-концептуального подхода. Озброєння та військова техніка. № 4
- [12] Ланецький Б. (2013) Структура і тенденції розвитку технологічного базису сучасного зенітного ракетного озброєння середньої та великої дальності. Наука і оборона. № 4
- [13] Лук'янчук В. В., Николаев І. М., Опенько П. В., & Дзюбенко Ю. А. (2019) Шляхи і принципи розвитку технологічного базису зенітного ракетного озброєння. Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence, № 3(36)
- [14] Зубарев В. В., Ланецький Б. М., Лук'янчук В. В., & Николаев І. М. (2021) Методічні аспекти обґрунтування оперативних вимог до системи зенітного ракетного озброєння// Озброєння та військова техніка. №1 (25)
- [15] Савельев, А., Запара, Д., Новіченко, С., Деменко, М., Доска, О., Третьяк, В., & Власов, А. (2021). Структура інформаційно-розрахункової системи підтримки прийняття рішення «АРГУМЕНТ – 2021». *InterConf*, (49), 631-642. <https://doi.org/10.51582/interconf.7-8.04.2021.069>
- [16] Лук'янчук, В., Николаев, И., Терехуха, И., Фоменко, Д., Запара, Д., Калугин, Д., & Третьяк, В. (2021). Общая постановка задачи управления старением зенитных ракетных систем средней и большой дальности на основе современных информационных технологий. *InterConf*, (42), 1110-1114. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2021.110>
- [17] Лук'янчук, В., Николаев, И., Васильев, В., Запара, Д., Фоменко, Д., Кобзев, В., & Третьяк, В. (2021). Описательная модель задачи обоснования стоимости полного жизненного цикла зенитной ракетной системы с использованием информационных

технологий. *ГРААЛЬ НАУКИ*, (1), 144-153. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.19.02.2021.028>

- [18] Коломійцев, О., Кудряшов, В., Третьяк, В., Кулешов, О., & Клівець, С. (2020). Оцінювання значень умовних ймовірностей ураження нетипової повітряної цілі у різноманітних умовах. *Збірник наукових праць ЛОГОС*, 132-135. <https://doi.org/10.36074/05.06.2020.v4.46>