



УДК 623.007.3
ГРНТИ 28.25.13

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ ВОЗДУШНОГО И НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ

*А.В. ТИМОШЕНКО, доктор технических наук, профессор
Военный университет радиоэлектроники (г. Череповец)*

А.А. ПОДДУБИЦКИЙ

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны (г. Ярославль)

П.Г. МИЛОВАНОВ, кандидат технических наук, доцент

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны (г. Ярославль)

А.А. КОЧКАРОВ, кандидат физико-математических наук

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (г. Москва)

Предложен подход к структурно-параметрическому синтезу системы информационной поддержки управления разведывательными средствами наземного и воздушного базирования, представляющий собой последовательность взаимоувязанных этапов анализа, синтеза, оценки и принятия решений, позволяющий сформировать рациональный вариант структуры и параметров системы информационной поддержки, оценить эффективность вариантов на основе их анализа и выбрать решение, удовлетворяющее заданным требованиям. В основу подхода положен учет особенностей и специфики процессов принятия решений при организации информационной поддержки управления разведывательными средствами воздушного и наземного базирования, полученных на основе анализа особенностей построения перспективных средств и обобщении известных данных по различным разведывательным средствам. Приведены основные расчетные соотношения, позволяющие сформировать первоначальный вариант облика системы информационной поддержки управления разведывательными средствами наземного и воздушного базирования, который в дальнейшем подлежит проработке в целях уточнения применяемых конструктивных решений и дополнения в части не учтенных факторов.

Ключевые слова: структурно-параметрический синтез, информационная поддержка управления, разведывательные средства воздушного и наземного базирования.

STRUCTURAL AND PARAMETRIC SYNTHESIS OF THE AIR-AND GROUND-BASED INTELLIGENCE ASSETS MANAGEMENT INFORMATION SUPPORT SYSTEM

*A.V. TIMOSHENKO, Doctor of Technical sciences, Professor
Military University of Radio Electronics (Cherepovets)*

A.A. PODDUBITSKIY

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense (Yaroslavl)

P.G. MILOVANOV, Candidate of Technical sciences, Associate Professor

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense (Yaroslavl)

A.A. KOCHKAROV, Candidate of Physical and Mathematical sciences

Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow)

An approach to the structural and parametric synthesis of the air-and ground-based intelligence assets management information support system is proposed, which is a sequence of interrelated stages of analysis, synthesis, evaluation and decision-making, allowing to form a rational version of the structure and parameters of the information support system, evaluate the effectiveness of options based on their analysis and choose a solution that meets the specified requirements. The approach is based on



taking into account the features and specifics of decision-making processes in the organization of the air-and ground-based intelligence assets management information support system, obtained on the basis of the analysis of the features of the construction of promising means and the generalization of known data on various intelligence assets. The main calculated ratios are given, which allow to form the initial version of the appearance of the air-and ground-based intelligence assets management information support system, which is further subject to development in order to clarify the applied design solutions and supplement the part of the factors not taken into account.

Keywords: structural and parametric synthesis, information management support, air and ground-based intelligence assets.

Введение. В современных условиях одним из важнейших направлений технического оснащения ВС РФ является совершенствование методов и средств оперативной разведки. Перспективная система разведки группировки может быть построена на основе комплексирования разведывательных средств наземного и воздушного базирования (РСНВБ), решающих задачи информационного обеспечения активных средств в оперативно-тактической глубине [1, 2].

Комплексное применение РСНВБ позволяет создать глубокоэшелонированную информационную систему, обладающую значительными возможностями по обнаружению различных классов малозаметных воздушных целей. Также РСНВБ являются основой для оперативного формирования подвижных полей информации и управления, т.е. адаптивных изменяющихся зон ответственности группировок РСНВБ.

Однако при объединении большой номенклатуры РСНВБ в единую информационную систему возникают общенаучные, методические и технические проблемы, к которым в первую очередь следует отнести:

сведение в единый контур управления совокупности РСНВБ находящихся на нескольких уровнях управления различной иерархии, реализующих целевое предназначение множества групп средств разведки;

устранение информационной избыточности о воздушной обстановке в результате присутствия цели в зоне ответственности нескольких средств разведки как наземного, так и воздушного базирования;

информационное обеспечение каждого конечного потребителя информации с учетом приоритизации разведывательных средств;

формирование информационных каналов оптимального доведения информации до потребителей с учетом уже определенного набора приоритетных средств разведки в условиях направленного воздействия дестабилизирующих факторов противника.

Актуальность. Перечисленные противоречия и сложности, возникающие при формировании схемы информационного обеспечения РСНВБ, могут быть устранены в первую очередь на этапе проектирования системы информационного обеспечения управления средствами разведки [3, 4]. Отдельно следует отметить, что задача организации гарантированного непрерывного информационного взаимодействия в системе разведки группировки с учетом дестабилизирующих факторов в существенной степени зависит от наличия элементов системы информационной поддержки управления разведывательными средствами воздушного и наземного базирования (СИПУ РСВНБ), которая позволит реализовать специализированные алгоритмы управления.

Цель статьи – разработка структурно-параметрического подхода к проектированию системы информационной поддержки управления группировкой разведывательных средств воздушного и наземного базирования.

Формализованная постановка задачи синтеза СИПУ РСНВБ. Целевая направленность функционирования системы информационной поддержки в интересах управления информационным взаимодействием РСВНБ определяется необходимостью многократного



выполнения расчётов с заданной точностью и качеством с количественной оценкой каждого варианта управления при формировании оптимальных конструктивных и режимных характеристик применяемых средств.

При этом в основе разработки состава и структуры математического обеспечения лежат системный анализ и декомпозиция системы принятия решений при управлении информационным взаимодействием РСНВБ, а их параметры должны определяться на основе предъявляемых к системе информационной поддержки комплекса требований.

Учет особенностей и специфики функционирования системы информационной поддержки возможен при разработке соответствующего алгоритмического и информационного обеспечения, а также в рамках программной реализации как отдельных элементов, так и больших модулей системы информационной поддержки.

В общем виде задача определения структуры и параметров СИПУ РСНВБ может быть интерпретирована как задача рационального распределения средств различных типов с поэтапным обоснованием соответствующих требований от элементов при переходе от нижестоящего уровня иерархии к верхнему уровню. Декомпозиция отдельных программных модулей или фрагментов исходного кода является универсальным широко распространенным методом для современного архитектурного проектирования сложных многоуровневых программных систем. В рамках этого подхода математическое и программное обеспечение структурно-сложных систем поддержки принятия решения представляет собой комплекс взаимосвязанных взаимодействующих программных элементов, формирующих функционал системы.

Для формализации постановки задачи разработки метода (М) структурно-параметрического синтеза системы информационной поддержки при управлении комплексом РСНВБ будем использовать множество $\{E_i\}$ элементов системы информационной поддержки с множеством $\{L(E_j^s, E_j^e)\}$ связей между ними, два вида алгоритмов – алгоритмы $\{A_m\}_i$ функционирования для каждого элемента множества $\{E_i\}$ и алгоритмы $\{M_j\}$ обмена информацией между элементами системы. Обмен информацией предполагает использование множества $\{S_i\}_j$ различных типов информационных сообщений. Для передачи самих сообщений используются линии связи, обеспечивающие максимальную оперативность проведения расчетов при заданных ограничениях к качеству и точности проводимых расчетов при информационной поддержке управления РСНВБ.

Исходя из вышеизложенного, формализованная постановка (1) задачи разработки метода (М) структурно-параметрического синтеза средств интеллектуальной информационной поддержки при управлении комплексом РСНВБ группировки по заданному набору требований, предъявляемому к системе информационной поддержки, представляется следующим образом:

$$M: T(\{E_i\}, \{L(E_j^s, E_j^e)\}, \{\{A_m\}_i\}, \{M_j\}, \{\{S_i\}_j\}) \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях

$$\{P_1, \dots, P_r\}_{\text{расч}} = \{P_1, \dots, P_r\}_{\text{треб}}, \quad (2)$$

$$\varepsilon(P_s) \leq \varepsilon_{\text{тр}}^s, \quad (3)$$

$$A \in (\{A_{\text{СВ}}^f\}, \{A_{\text{ППР}}^f\}, \{A_{\text{СППР}}^f\}), E \in (\{E_t\}, \{E_m\}, \{E_s\}), \quad (4)$$



$$S \in (\{S_t\}, \{S_m\}, \{S_s\}), L \in (\{L_t\}, \{L_m\}, \{L_p\}, \{L_d\}). \quad (5)$$

Для представленной постановки задачи (1)–(5) необходимо уточнить ряд использованных обозначений.

Показатель оперативности выполнения расчетов информационной поддержки при управлении комплексом РСНВБ обозначен как T .

Среди ключевых ограничений следует выделить соответственно значения рассчитываемых параметров и их требуемые значения $\{P_1, \dots, P_r\}_{\text{расч}}, \{P_1, \dots, P_r\}_{\text{треб}}$. Для значений параметров также используются показатели точности и требования к ним – соответственно, $\varepsilon(P_s)$ и $\varepsilon_{\text{тр}}^s$.

Каждый элемент синтезируемой системы информационной поддержки $E \in (\{E_t\}, \{E_m\}, \{E_s\})$ определяется набором трех множеств типов элементов, а именно:

множество $\{E_t\}$ типов, учитывающее всевозможные состояния элементов;

множество $\{E_m\}$, позволяющее рассчитать ключевые характеристики с применением математических операторов;

множество $\{E_s\}$, учитывающее целостность программно-аппаратных комплексов.

При этом алгоритмы $A \in (\{A_{\text{СВ}}^f\}, \{A_{\text{ППР}}^f\}, \{A_{\text{СППР}}^f\})$ функционирования системы определяются тремя множествами:

множеством $\{A_{\text{СВ}}^f\}$ алгоритмов функционирования элементов информационной поддержки;

множеством $\{A_{\text{ППР}}^f\}$ алгоритмов функционирования процессов информационной поддержки;

множеством $\{A_{\text{СППР}}^f\}$ алгоритмов функционирования элементов системы информационной поддержки.

Аналогично каждая связь $L \in (\{L_t\}, \{L_m\}, \{L_p\}, \{L_d\})$ между элементами системы информационной поддержки определяется четырьмя множествами, а именно:

множеством $\{L_t\}$ связей по передаче информации о состоянии элементов системы;

множеством $\{L_m\}$ связей по передаче информации для расчета характеристик с применением математических операторов;

множеством $\{L_p\}$ связей по проведению параллельных вычислений;

множеством $\{L_d\}$ связей по возможности реализации параллельных вычислений на основе конкретных распределенных вычислительных архитектур.

Алгоритмы обмена информацией в соответствии с множествами связей $\{L_p\}$ и $\{L_d\}$ определяются двумя множествами – множеством $\{M_p\}$ для обмена информацией по проведению параллельных вычислений и множеством $\{M_d\}$ – по возможности реализации параллельных вычислений на основе конкретных распределенных вычислительных архитектур.

Информационные сообщения $S \in (\{S_t\}, \{S_m\}, \{S_s\})$, циркулирующие по системе информационной поддержки, подразделяются на три множества типов, а именно:

множество $\{S_t\}$ по передаче информационных сообщений о состоянии элементов системы;



множество $\{S_m\}$ по передаче информационных сообщений для расчета характеристик с применением математических операторов;

множество $\{S_s\}$ по передаче информационных сообщений для обеспечения функционирования программно-аппаратного комплекса системы.

В основе решения задачи структурно-параметрического синтеза СИПУ РСНВБ группировки лежит реализация следующих основных этапов, заключающихся в последовательном анализе, синтезе, а также оценке и принятии решения.

Начальным, не формализуемым этапом формирования облика СИПУ РСНВБ, предваряющим решение оптимизационной задачи структурно-параметрического синтеза, является системный анализ процессов принятия решений при управлении РСНВБ и определение архитектуры построения СИПУ РСНВБ, а также конструктивных и экономических ограничений, которые накладываются на реализацию конкретного варианта построения СИПУ РСНВБ. Кроме того, сравнение проектных вариантов построения СИПУ РСНВБ между собой осуществляется на основе перечня конструктивно-технологических и технико-экономических показателей и критериев, которые устанавливаются в процессе анализа.

Генерирование возможных альтернативных вариантов СИПУ РСНВБ осуществляется на этапе синтеза.

Расчет значений общих показателей эффективности вариантов СИПУ РСНВБ путем проведения их анализа и их окончательный выбор составляет сущность этапа оценки и принятия решений.

Отличительной особенностью начальных стадий процесса проектирования в рамках решения задачи синтеза альтернативных вариантов СИПУ РСНВБ является необходимость проведения мероприятий анализа, которые обеспечат:

- выявление структуры процессов информационной поддержки управления РСНВБ;
- определение взаимосвязи элементов информационной поддержки управления РСНВБ;
- определение основного содержания информации и типов данных, используемых при организации управления РСНВБ.

Полученные результаты позволяют сформировать требования к показателям производительности и количеству вычислительных средств приема, передачи, хранения и обработки данных, требования к конструкции разрабатываемых программно-аппаратных комплексов, определить классификационную таблицу СИПУ РСНВБ, которая включает 5 признаков:

- тип элемента СИПУ РСНВБ;
- вид элемента СИПУ РСНВБ;
- конструктивное исполнение элемента СИПУ РСНВБ;
- способ организации связи между элементами СИПУ РСНВБ;
- принцип организации связи между элементами СИПУ РСНВБ.

Для решения задачи синтеза альтернативных вариантов СИПУ РСНВБ целесообразно использовать современные технологии искусственного интеллекта, в частности математический аппарат генетических алгоритмов [5]. Для формализованного описания альтернативных вариантов СИПУ РСНВБ можно использовать аппарат теории графов, так как вершинами дольного графа будут являться значения разработанной классификационной таблицы, при этом исходными данными при структурно-параметрическом синтезе СИПУ РСНВБ являются:

- параметры сценариев действий противника по применению комплекса дестабилизирующих воздействий;

- состав и тактико-технические характеристики РСНВБ группировки.

Алгоритм выбора структуры и состава СИПУ РСНВБ. Формирование структуры, состава и определение параметров СИПУ РСНВБ на основе применения генетического алгоритма осуществляется в несколько этапов. Для описания генетического алгоритма принято



использовать понятия как «оператор кроссинговер», «оператор мутации», «группа модификации» [5].

На первом этапе с помощью случайного выбора альтернатив из всей области решений генерируется начальный вариант СИПУ РСНВБ, при этом важно чтобы элементы начального множества соответствовали формату представления данных.

На втором этапе итеративно формируется группа модификации вариантов СИПУ РСНВБ с использованием принятого в генетическом алгоритме одноточечного оператора кроссинговера и оператора мутации [5].

Выбор вариантов СИПУ РСНВБ в группу модификации осуществляется расчетом вероятности $P_s(i)$ как отношения результирующего показателя конкретного варианта к суммарному результирующему показателю группы модификации. По сути, процесс выбора вариантов представляет собой простейший пропорциональный отбор [5]. Как известно, процесс пропорционального отбора заключается в выборе вариантов группы модификации с более высоким значением результирующего показателя. Выбор указанных вариантов осуществляется с учетом вероятностей $P_s(i)$, т.е. приоритетными являются варианты с большим значением вероятности $P_s(i)$. Далее n выбранных вариантов СИПУ РСНВБ подвергаются кроссоверу с заданной вероятностью P_c . После чего выбранные варианты случайным образом разбиваются на $n/2$ пар. Действия оператора кроссовера на группу модификации осуществляется рекуррентно до выбора оптимального варианта СИПУ РСНВБ.

Необходимым условием соответствия СИПУ РСНВБ своему предназначению является достижение требуемого уровня всех функциональных характеристик системы, объединяемых в классификационной таблице. Такая квалификационная таблица позволяет построить соответствующий многодольный граф для решения задачи (1).

Исходя из этого, на формирование вариантов СИПУ РСНВБ накладывается следующая совокупность ограничений g_1

$$g_1 = G_{11} \wedge G_{12} \wedge G_{13} = 1, \quad (6)$$

$$G_{11}, G_{12}, G_{13} = \begin{cases} 1 - \text{при выполнении ограничений} \\ 0 - \text{при невыполнении ограничений} \end{cases}, \quad (7)$$

где G_{11}, G_{12}, G_{13} – совокупность переменных, характеризующих заданные ограничения на синтезируемый вариант СИПУ РСНВБ, а именно:

G_{11} – ограничения количества значений классификационных признаков в синтезированном варианте СИПУ РСНВБ, которое в свою очередь совпадает с числом классификационных признаков из классификационной таблицы;

G_{12} – ограничение по выбору из каждой i -й доли графа одной вершины;

G_{13} – ограничение для решающего графа, позволяющее гарантировать его формирование из совместимых вершин многодольного графа.

Таким образом, предложенный подход с учетом указанных ограничений к многодольному графу и формируемому на его основе решающего графа позволяет представить сгенерированный опорный вариант СИПУ РСНВБ.

Результатом проведения синтеза вариантов СИПУ РСНВБ является сформированное множество допустимых вариантов программно-аппаратных решений СИПУ РСНВБ, которые отображаются в соответствующей классификационной таблице.

На следующем этапе производится сопоставление реальных моделей технических средств передачи, хранения и обработки информации синтезированным элементам сформированной



структуры варианта СИПУ РСНВБ, что приводит к значительному увеличению размерности задачи выбора оптимального варианта СИПУ РСНВБ [5–9]. Решение задачи определения оптимального варианта СИПУ РСНВБ предлагается аналогичным образом строить на основе использования математического аппарата генетических алгоритмов.

Оптимизация временных затрат на реализацию вычислений при решении задач информационной поддержки управления РСНВБ. В настоящей работе для структурно-параметрического синтеза вариантов СИПУ РСНВБ на основе использования генетических алгоритмов в качестве показателя целевой функции предлагается рассматривать значение суммарных временных затрат на реализацию вычислений при решении задач информационной поддержки управления РСНВБ.

$$T_{\Sigma} = T_1 + T_2 + T_3 \rightarrow \min, \quad (8)$$

где T_1 – временные затраты на решение задач выделения радиоэлектронных и радиотехнических средств разведки – источников приоритетной информации; T_2 – временные затраты на формирование вариантов управления информационным взаимодействием радиоэлектронных и радиотехнических средств разведки; T_3 – временные затраты на определение параметров реконфигурирования сети передачи данных средств разведки для многоуровневого информационного взаимодействия.

На выбор оптимального варианта СИПУ РСНВБ налагаются два ограничения.

$$g_2 = q_{\text{теор}} - q_{\text{факт}} \geq 0, \quad (9)$$

где $q_{\text{факт}}$ – фактическая производительность СИПУ РСНВБ; $q_{\text{теор}}$ – теоретическая производительность СИПУ РСНВБ.

Использование ограничения на производительность позволяет выделить для дальнейшего анализа варианты СИПУ РСНВБ, способные осуществить требуемую оперативность вычислений, имея достаточную вычислительную производительность.

$$g_3 = G_{31} \wedge G_{32} \wedge G_{33} - 1 = 0, \quad (10)$$

где G_{31}, G_{32}, G_{33} – пространственные, конструктивные и эксплуатационные ограничения на СИПУ РСНВБ, аналогичные ограничениям (2):

G_{31} – взаимосвязь габаритных характеристик средств СИПУ РСНВБ и параметров пространства размещения;

G_{32} – ограничение, устанавливающее возможность передачи данных по объему передаваемых данных;

G_{33} – ограничение, определяющее соответствие режимов работы элементов СИПУ РСНВБ режимам работы, которые установлены техническим заданием на проектирование СИПУ РСНВБ.

Таким образом, на заключительном этапе формирования СИПУ РСНВБ производится анализ показателей эффективности функционирования системы при организации и управлении совместного применения существующих и заданных в разработку радиолокационных и радиотехнических комплексов наземного и воздушного базирования в условиях дестабилизирующих факторов.

Выводы. Предлагаемый подход к структурно-параметрическому синтезу системы информационной поддержки управления РСНВБ представляет собой последовательность



взаимоувязанных этапов анализа, синтеза, оценки и принятия решений, позволяющих сформировать рациональный вариант структуры и параметров системы информационной поддержки, оценить эффективность вариантов на основе их анализа и выбрать решение, удовлетворяющее заданным требованиям.

Особенностью изложенного подхода является использование технологий искусственного интеллекта для генерации структур СИПУ РСНВБ, что обеспечивает снижение вычислительных затрат.

В основу метода положен учет особенностей и специфики процессов принятия решений при организации информационной поддержки управления разведывательными средствами воздушного и наземного базирования, полученных на основе анализа особенностей построения перспективных РСНВБ и обобщении известных данных по различным разведывательным средствам.

На основе полученных зависимостей и с учетом конструктивных ограничений, накладываемых на СИПУ РСНВБ, предложены основные расчетные соотношения для определения показателей назначения СИПУ РСНВБ.

Изложенный в статье подход позволяет сформировать первоначальный вариант облика СИПУ РСНВБ, который в дальнейшем подлежит проработке в целях уточнения применяемых конструктивных решений и дополнения в части не учтенных факторов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00481.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев И.Н., Киселев В.А. Направления развития тактической разведки // Военная мысль. 2013. № 5. С. 54–63.
2. Кочкаров А.А., Рахманов А.А., Тимошенко А.В., Пулято С.А. Структурно-пространственная модель распределения средств системы мониторинга специального назначения по объектам наблюдения // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2020. № 13. С. 124–132. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.академия-ввс.рф/images/docs/vks/13-2020/124-132.pdf> (дата обращения 14.01.2021).
3. Островский Е.О., Сизов А.С. Концептуальный подход к созданию автоматизированной системы прогнозирования состояний и деятельности объектов оперативной разведки // Военная мысль. 2013. № 6. С. 38–47.
4. Грудинин И.В., Майбуров Д.Г. Структурный анализ теории информационного обеспечения управления отражением ударов средств воздушно-космического нападения противника // Военная мысль. 2018. № 8. С. 78–89.
5. Шафорост А.Н. Структурно-параметрический синтез транспортных систем механосборочных цехов машиностроительных предприятий // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. № 11–2. С. 115–123.
6. Охтилев М.Ю. Системы искусственного интеллекта и их применение в автоматизированных системах мониторинга состояния сложных организационно-технических объектов. СПб.: ГУАП, 2018. 261 с.
7. Жукова Н.А. Общая и частные задачи многоуровневого синтеза моделей объектов мониторинга // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. 2019. № 11. С. 16–22.
8. Созинов П.А. Актуальные задачи математического моделирования систем воздушно-космической обороны // Вестник Концерна ВКО «Алмаз-Антей». 2017. № 3 (22). С. 17–26.
9. Верба В.С., Меркулов В.И., Чернов В.С. Особенности построения многопозиционных систем радиуправления воздушного базирования при скрытном наведении летательных аппаратов // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 5–1. С. 62–71.



REFERENCES

1. Vorob'ev I.N., Kiselev V.A. Napravleniya razvitiya takticheskoy razvedki // Voennaya mysl'. 2013. № 5. pp. 54–63.
2. Kochkarov A.A., Rahmanov A.A., Timoshenko A.V., Putyato S.A. Strukturno-prostranstvennaya model' raspredeleniya sredstv sistemy monitoringa special'nogo naznacheniya po ob'ektam nablyudeniya // Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika. 2020. № 13. pp. 124–132. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.akademiya-vvs.rf/images/docs/vks/13-2020/124-132.pdf> (data obrascheniya 14.01.2021).
3. Ostrovskij E.O., Sizov A.S. Konceptual'nyj podhod k sozdaniyu avtomatizirovannoj sistemy prognozirovaniya sostoyanij i deyatel'nosti ob'ektov operativnoj razvedki // Voennaya mysl'. 2013. № 6. pp. 38–47.
4. Grudinin I.V., Majburov D.G. Strukturnyj analiz teorii informacionnogo obespecheniya upravleniya otrazheniem udarov sredstv vozdushno-kosmicheskogo napadeniya protivnika // Voennaya mysl'. 2018. № 8. pp. 78–89.
5. Shaforost A.N. Strukturno-parametricheskij sintez transportnyh sistem mehanosborochnyh cehov mashinostroitel'nyh predpriyatij // Izvestiya TulGU. Tehnicheskie nauki. 2016. № 11–2. pp. 115–123.
6. Ohtilev M.Yu. Sistemy iskusstvennogo intellekta i ih primenenie v avtomatizirovannyh sistemah monitoringa sostoyaniya slozhnyh organizacionno-tehnicheskikh ob'ektov. SPb.: GUAP, 2018. 261 p.
7. Zhukova N.A. Obschaya i chastnye zadachi mnogourovnevnogo sinteza modelej ob'ektov monitoringa // Nauchno-tehnicheskaya informaciya. Ser. 2. Informacionnye processy i sistemy. 2019. № 11. pp. 16–22.
8. Sozinov P.A. Aktual'nye zadachi matematicheskogo modelirovaniya sistem vozdushno-kosmicheskoy oborony // Vestnik Koncerna VKO «Almaz-Antej». 2017. № 3 (22). pp. 17–26.
9. Verba V.S., Merkulov V.I., Chernov V.S. Osobennosti postroeniya mnogopozicionnyh sistem radiupravleniya vozdushnogo bazirovaniya pri skrytnom navedenii letatel'nyh apparatov // Radiotekhnika. 2019. T. 83. № 5–1. pp. 62–71.

© Тимошенко А.В., Поддубицкий А.А., Милованов П.Г., Кочкаров А.А., 2021

Тимошенко Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры, Военный университет радиоэлектроники, Россия, 162622, г. Череповец, Советский проспект, 126, u567ku78@gmail.com.

Поддубицкий Алексей Алексеевич, начальник училища, Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Россия, 150001, г. Ярославль, Московский проспект, 28.

Милованов Павел Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры тактики противовоздушной обороны, Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Россия, 150001, г. Ярославль, Московский проспект, 28, mpg08@rambler.ru.

Кочкаров Азрет Ахматович, кандидат физико-математических наук, доцент департамента анализа данных и машинного обучения, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Россия, 125993 (ГСП-3), г. Москва, Ленинградский проспект, 49, akochkar@gmail.com.