

Т.Ю. Алехин, кандидат технических наук,
доцент

Методические положения разработки методов решения задач управления в перспективном комплексе средств автоматизации военного назначения

Представлена сущность основных методических положений разработки методов решения задач управления в перспективном комплексе средств автоматизации военного назначения, показана их научная значимость и некоторые результаты применения.

Проблема разработки методов решения задач управления в перспективных комплексах средств автоматизации (КСА) военного назначения относится к ряду проблем разработки образцов вооружения в части совершенствования математического обеспечения автоматизированных систем управления.

Необходимость решения этой проблемы вызвана недостаточной эффективностью управления войсками (силами) в современных условиях. Одной из причин этого является быстрое моральное устаревание математического обеспечения существующих КСА. Несмотря на совершенствование технической основы КСА, их математическое обеспечение зачастую должным образом не обновляется. Это приводит к тому, что реализованные в КСА методы решения задач управления перестают в полной мере учитывать такие факторы, как возможность применения в составе удара противника новых средств нападения, новые технические характеристики и возможности своих средств, увеличение типажа источников информации о противнике с различным составом передаваемой информации, определяющим складывающуюся на автоматизированном пункте управления информационную ситуацию. Неполный учет указанных факторов ухудшает достоверность решения задач, что приводит к существенному снижению эффективности управления.

Под методом решения задачи управления в КСА понимается последовательность реализованных в средствах автоматизации основных, принципиальных, существенных операций (процедур), требуемых для получения результата решения задачи при заданных исходных данных. Следовательно, под разработкой методов решения задач управления понимается процесс формирования и рационального объединения в единое целое совокупности таких процедур.

Анализ предметной области показал, что используемые методические подходы, принятые при разработке методов решения задач управления в средствах автоматизации, не в полной мере обладают свойством системности, основаны на экспертных методах, отнесены к разряду эвристических и не предусматривают технологическую поддержку процесса разработки этих методов, что, по мнению ряда источников, также приводит к снижению их эффективности на 20-25% [1,2].

Это свидетельствует о том, что, несмотря на значительное количество исследований, проведенных в рассматриваемой предметной области, существует противоречие в научном плане между потребностью в разработке методов решения задач управления в перспективном КСА военного назначения и отсутствием соответствующих методических положений.

Устранение выявленного противоречия возможно путем создания и использования методических положений разработки методов решения задач управления в перспективном КСА военного назначения.

Данные положения должны обеспечить возможность ответа на следующие проблемные вопросы:

методы решения каких задач необходимо разрабатывать (совершенствовать);
 в каких информационных ситуациях, т.е. при каком составе и характеристиках входной информации о противнике, данные методы должны обеспечивать решение задачи;
 как разрабатывать варианты методов для заданных ситуаций;
 как идентифицировать сложившуюся информационную ситуацию и выбрать наиболее эффективный для нее вариант метода решения задачи.

Представим перечень задач управления, решаемых в комплексе средств автоматизации, в виде множества

$$\Lambda = \{ \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k, \dots, \lambda_K \}. \quad (1)$$

Каждая k -я задача управления в j -й информационной ситуации может быть решена одним или несколькими вариантами метода из множества M_{kj} :

$$M_{kj} = \{ m_{kj}^n(I_j) \}, \quad (2)$$

$$n = \overline{1, N}, j = \overline{1, J}, k = \overline{1, K},$$

где $I = \{ I_j \}$, $I_j = \{ S_j, H_j \}$ – множество складывающихся на пункте управления (ПУ) информационных ситуаций, описываемых составом (S_j) и характеристиками (H_j) входной информации о цели.

Каждый из разрабатываемых вариантов методов представляет собой оператор преобразования имеющейся входной информации в требуемую (в соответствии с комплексным боевым алгоритмом КСА) выходную информацию задачи (результат решения):

$$\{ I_j, X_s, X_v \} \xrightarrow{m_{kj}^n} I_{\text{вых } k}, \quad (3)$$

где m_{kj}^n – n -й вариант метода решения k -й задачи управления в j -й информационной ситуации;

$I_{\text{вых } k}$ – массив выходной информации k -й задачи управления;

$X_s \in R_s$ – прогнозируемые характеристики средств нападения из области возможных характеристик R_s ;

$X_v \in R_p$ – прогнозируемые характеристики своих средств из области возможных характеристик R_p .

Учет возможности изменения информационной ситуации на ПУ должен осуществляться путем выбора рационального (обеспечивающего максимальную эффективность управления) варианта метода решения задачи для данной информационной ситуации, т.е.

$$\exists_y (m_{kj}^n(I_j)) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где \exists_y – показатель эффективности управления подчиненными силами.

В связи с этим сам метод должен представлять собой структурное объединение таких рациональных вариантов и процедуры их выбора:

$$\mu_k = \text{Пр} \cup \left(\bigcup_j m_{kj}^{n*}(I_j) \right), \quad (5)$$

где μ_k – интегральный метод решения k -й задачи управления;

Пр – процедура выбора рационального варианта метода;

\cup – оператор объединения процедуры Пр и множества рациональных вариантов метода;

$\bigcup_j m_{kj}^{n*}(I_j)$ – совокупность рациональных вариантов метода решения задачи управления для j -й информационной ситуации.

С учетом введенных определений и обозначений представляемые методические положения должны обеспечивать возможность разработки методов (μ_k) решения задач управления подчиненными силами в перспективном комплексе средств автоматизации военного назначе-

ния, обеспечивающих максимизацию эффективности управления (\mathcal{E}_y) на основе совместного учета прогнозируемых характеристик средств нападения (X_S), своих средств (X_V) и возможных информационных ситуаций (I) при заданных параметрах удара противника (U), группировки своих сил (V) и ограничениях на временные и вычислительные затраты при использовании методов в процессе управления:

$$\begin{aligned} \mu_k &= \text{Pr} \cup \left(\bigcup_j m_{kj}^{n*}(I_j) \right), \\ \text{Pr} : \left(m_{kj}^{n*}(I_j) \mid U, V \right) &= \\ &= \arg \max_y \left(m_{kj}^n(I_j), U, V \right), \\ m_{kj}^n &\in M_{kj}^n, n = \overline{1, N}, j = \overline{1, J}, k = \overline{1, K}, \\ M_{kj} &= \left\{ m_{kj}^n(I_j) \right\}, \\ t_p \left(m_{kj}^n(I_j) \right) &\leq t_{\text{дон}}, \quad Z_p \left(m_{kj}^n(I_j) \right) \leq Z_{\text{дон}}, \end{aligned} \quad (6)$$

где M_{kj} – множество вариантов метода решения k -й задачи управления в j -й информационной ситуации;

m_{kj}^n – n -й вариант метода решения k -й задачи управления в j -й информационной ситуации;

Pr – процедура выбора рационального варианта метода;

функции $m_{kj}^n(I_j)$ и $\mathcal{E}_y \left(m_{kj}^n(I_j), U, V \right)$ формируются алгоритмически;

$I = \{ I_j \}$, $I_j = \{ S_j, H_j \}$ – множество складывающихся на ПУ информационных ситуаций, описывающихся составом (S_j) и характеристиками (H_j) входной информации о цели;

k – порядковый индекс задачи управления подчиненными силами из общего множества задач управления $\Lambda = \{ \lambda_k \}$;

$I_{\text{вых}k}$ – массив выходной информации k -й задачи управления;

$X_S \in R_S$ – прогнозируемые характеристики средств нападения из области возможных характеристик R_S ;

$X_V \in R_P$ – прогнозируемые характеристики своих средств из области возможных характеристик R_P ;

$U \in R_U$ – заданные параметры удара противника из области возможных характеристик R_U ;

$V \in R_V$ – заданные параметры группировки своих сил из области возможных характеристик R_V ;

$t_p \left(m_{kj}^n(I_j) \right)$, $t_{\text{дон}}$ – соответственно реализуемые и максимально допустимые временные затраты при использовании методов в процессе управления подчиненными силами с ПУ;

$Z_p \left(m_{kj}^n(I_j) \right)$, $Z_{\text{дон}}$ – соответственно реализуемые и максимально допустимые вычислительные затраты при использовании методов в процессе управления подчиненными силами с ПУ.

Структура методических положений разработки методов решения задач управления в перспективном КСА военного назначения приведена на рисунке 1.

Основными исходными данными для разработки методов решения задач управления являются сведения о новых значимых факторах, влияющих на процесс управления, задачах управления, реализованных в КСА, возможностях сопрягаемых с автоматизированным пунктом управления источников информации, а также сведения о характеристиках существующих и перспективных средств нападения и своих средств.

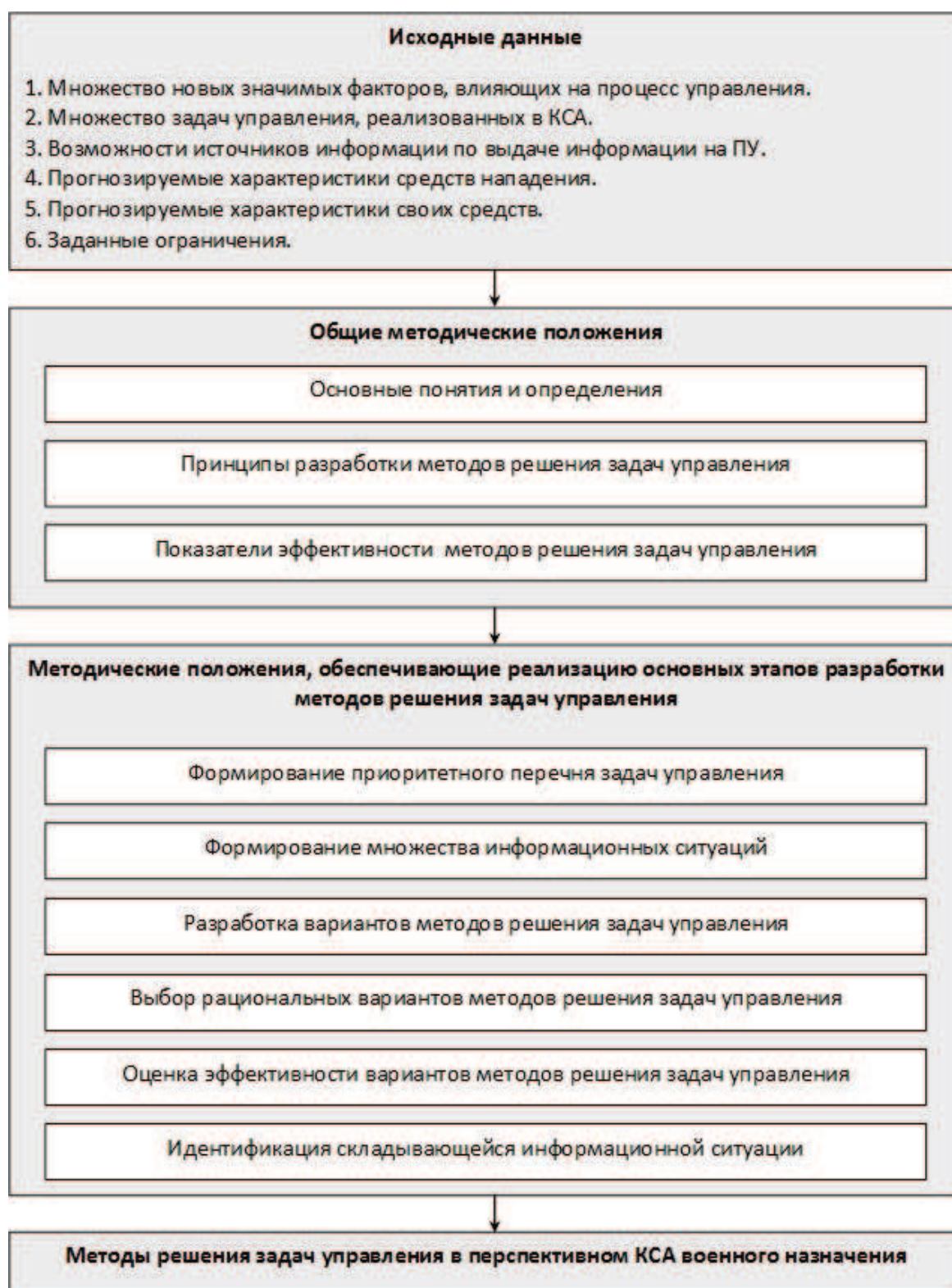


Рисунок 1 – Методические положения разработки методов решения задач управления в перспективном КСА военного назначения

Методические положения разработки методов решения задач управления в перспективном КСА военного назначения включают общие положения и положения, обеспечивающие реализацию основных этапов разработки методов решения задач управления.

Основу общих положений составляют принципы разработки методов решения задач управления. Данные принципы включают принципы системного подхода, принципы управления

объектами сложной системы, принципы ситуационного и адаптивного управления, а также ряд новых принципов, предусматривающих:

первоочередную разработку и учет новых значимых факторов в методах решения тех задач управления, результаты которых наиболее чувствительны к воздействию данных факторов;

максимальный учет всех возможных информационных ситуаций, в условиях которых должно обеспечиваться решение задач управления;

придание разрабатываемому методу древовидной структуры, обеспечивающей возможность решения задачи управления при изменении информационной ситуации;

определение не только структуры методов решения задач управления, но и разработку конкретных расчетных процедур;

изменение структуры методов для применения совместно с методами решения дополнительных задач в интересах достижения максимальной эффективности управления в складывающейся информационной ситуации.

С использованием приведенных принципов разработана общая структура методов решения задач управления, представленная на рисунке 2. Данная структура является древовидной. Ветвями ее являются варианты метода для возможных информационных ситуаций, а корнем – процедура выбора рационального варианта, наиболее эффективного в сложившейся ситуации.

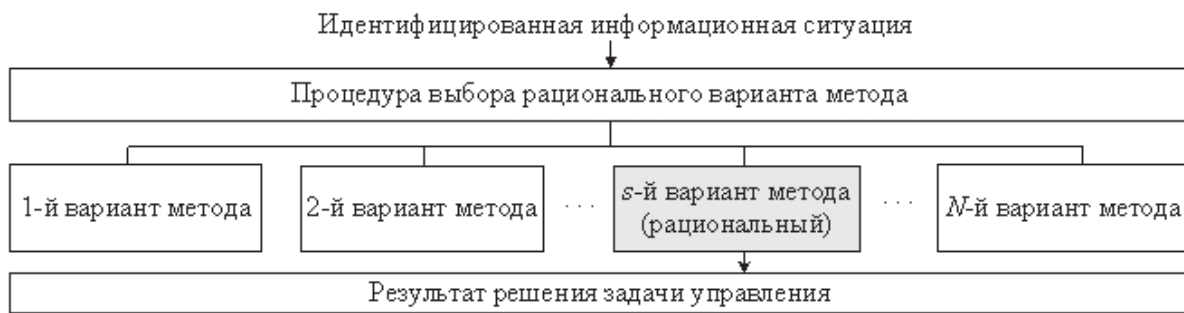


Рисунок 2 – Обобщенная структура метода решения задачи управления

Реализация основных этапов разработки методов решения задач управления осуществляется с использованием методических положений, последовательно обеспечивающих:

формирование приоритетного перечня задач управления;

формирование множества информационных ситуаций;

разработку вариантов методов решения задач управления;

выбор рациональных вариантов методов решения задач управления;

оценку эффективности вариантов методов решения задач управления;

идентификацию складывающейся информационной ситуации.

На этапе формирования приоритетного перечня задач управления определяются из числа существующих или формулируются вновь задачи управления, методы решения которых необходимо разрабатывать в интересах учета новых факторов. Методическая сущность этапа заключается в признаковом описании каждого нового значимого фактора и упорядочении множества реализованных задач управления по векторному критерию, включающему критерий степени учета факторов в методах решения задач управления и критерий важности этих задач. В случае полного отсутствия учета значимых факторов в реализованных задачах управления на этапе предусмотрена возможность формулировки новых задач на основе референтной модели, представляющей собой эвристическое функционально-логическое описание функционирования и взаимосвязи процедур решения задачи [3].

Новизна используемых положений заключается в комплексном описании значимых факторов в виде информационных и лингвистических признаков, обеспечивающем возможность решения рассматриваемой задачи как задачи векторной оптимизации. Результатом этапа является множество реализованных задач управления, упорядоченное по степени приоритетности совершенствования методов их решения в интересах учета новых значимых факторов.

Информационные ситуации, в которых должны решаться упорядоченные на предыдущем этапе задачи, определяются на этапе формирования множества информационных ситуаций. Методическая сущность этапа заключается в построении информационного графа, описывающего возможности сопрягаемых источников по выдаче информации о противнике на автоматизированный пункт управления, устранении избыточности этого графа и формировании на основе сформулированных решающих правил множества информационных ситуаций. При этом указанные решающие правила определяют условия включения информации источников в информационные ситуации в зависимости от ее состава, характеристик и времени поступления.

С учетом сформированного множества информационных ситуаций на соответствующем этапе для каждой требуемой задачи управления разрабатывается множество вариантов метода ее решения. В соответствии с (3) каждый из вариантов представляет собой совокупность процедур решения задачи с определенной последовательностью их выполнения.

Методическая сущность этапа заключается в декомпозиции рассматриваемой задачи на подзадачи, реализуемые отдельными процедурами, поиске или формировании новых процедур-аналогов, использующих заданную входную информацию, и дальнейшей разработке варианта метода как упорядоченной совокупности таких процедур. Результатом этапа является множество вариантов метода, входная информация которых соответствует определенным информационным ситуациям.

Новизна используемых положений заключается в применении стратегий ситуационного планирования, обеспечивающих разработку требуемых расчетных процедур на основе формирования и использования базы функциональных зависимостей предметной области, включающей в себя совокупности функциональных зависимостей (процедур) с аргументами, соответствующими элементам информационных ситуаций. Одним из подэтапов является проверка соответствия разработанных вариантов метода заданным ограничениям. В случае отсутствия такого соответствия цикл разработки варианта метода повторяется.

Для сформированного множества вариантов в соответствии с (4) на этапе выбора рациональных вариантов методов решения задач управления для каждой информационной ситуации определяются варианты методов, обеспечивающие максимизацию эффективности управления.

Методическая сущность этапа заключается в последовательном переборе сочетаний вариантов метода и информационных ситуаций с последующим выбором рационального варианта по критерию максимума значений показателя эффективности данных вариантов. В качестве показателя эффективности вариантов методов решения задач управления выбран показатель, характеризующий степень реализации потенциальных боевых возможностей подчиненных сил при использовании того или иного метода.

Результатом этой операции являются сочетания «информационная ситуация – рациональный вариант метода решения задач управления». Эти сочетания служат исходными данными для разработки процедуры выбора рациональных вариантов методов решения задач управления. Структурное объединение этой процедуры и совокупности рациональных вариантов методов решения задач управления в соответствии с (5) обеспечивает формирование интегрального метода решения задачи управления.

Методическая сущность этапа оценки эффективности, используемого для получения значений показателя эффективности вариантов метода, основана на применении аналитических и имитационных моделей, отличающихся возможностью комплексного определения параметров, требуемых для формирования и применения методов решения задач управления. На данном этапе осуществляется оценка качества функционирования реализованных методов в условиях влияния новых факторов.

Основной исходной информацией для функционирования разработанных интегральных методов решения задач управления является информация об идентификации информационной ситуации. Возможность получения такой информации обеспечивает реализация соответствующего этапа, методическая сущность которого основана на использовании процедуры фильтрации. Этап идентификации информационной ситуации предусматривает две основных процедуры:

процедуру подготовки идентификации, включающую формирование фильтра входной информации, определение весовых коэффициентов его параметров и разработку решающих правил идентификации информационной ситуации, обеспечивающих принятие наиболее эффективного решения;

процедуру идентификации реального масштаба времени, обеспечивающую непосредственно фильтрацию входной информации и принятие решения об идентификации информационной ситуации.

Сущность процедуры фильтрации входной информации заключается в последовательном по элементам множества информационных ситуаций проведении операций нахождения множества информационных элементов, соответствующих пересечению множества элементов входной информации и множества информационных элементов, соответствующих той или иной информационной ситуации. Результатом процедуры будет являться подмножество, включающее в себя одну или несколько информационных ситуаций, соответствующих поступившей входной информации.

Каждой из информационных ситуаций соответствует свой весовой коэффициент, определенный в результате процедуры подготовки идентификации. С использованием этих коэффициентов и решающего правила осуществляется принятие решения об идентификации информационной ситуации. В качестве идентифицированной признается информационная ситуация, обладающая максимальным весовым коэффициентом и, как следствие, обеспечивающая максимальную эффективность решения, принятого по результатам идентификации.

В целом представленные методические положения разработки методов решения задач управления в перспективном КСА военного назначения основаны на применении методов системного анализа, теории множеств, теории ситуационного управления, моделирования сложных систем и математической статистики. Данные положения отличаются от известных эвристических и экспертных подходов систематизацией и формализацией этапов определения приоритетных задач управления, условий и различных вариантов их решения, оценки эффективности и выбора рациональных вариантов. Результатом использования методических положений являются интегральные методы решения задач управления, учитывающие требуемые значимые факторы, влияющие на процесс управления и обеспечивающие достоверное решение этих задач при изменении состава и характеристик входной информации о противнике.

Указанные методические положения были применены в интересах разработки методов решения задач управления в КСА КП соединения ПВО. Основные результаты применения носят закрытый характер и опубликованы в соответствующих изданиях. В рамках настоящей статьи можно лишь отметить, что оценка эффективности разработанных методов показала возмож-

ность повышения эффективности управления силами ПВО при отражении ракетно-авиационного удара на 10-16%.

Таким образом, методические положения разработки методов решения задач управления в перспективных комплексах средств автоматизации военного назначения обеспечивают дальнейшее развитие методов проектирования, создания и оценки качества математического обеспечения автоматизированных систем военного назначения, методов повышения их эффективности в процессе функционирования. Использование данных методических положений в качестве научного «инструмента» позволит обеспечить возможность разработки и совершенствования систем вооружения в части математического обеспечения средств управления.

Список использованных источников

1. Мамиконов А.Г., Кульба В.В. Синтез оптимальных модульных систем обработки данных. – М.: Наука, 1986.
2. Соснин П.И. Архитектурное моделирование систем, интенсивно использующих программное обеспечение. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2011.
3. Мыльник В.В., Титаренко Б.П., Волочиенко В.А. Исследование систем управления. – Екатеринбург: Деловая книга, 2003.