

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫБОРА И ОБОСНОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА УПРАВЛЕНИЯ

Слепова В. П.¹

DOI:10.21681/3034-4050-2026-5-100-105

Ключевые слова: адаптивная система связи, выбор перспективных образцов, интегральный показатель, дерево свойств, нормализация, метод анализа иерархий.

Аннотация

Цель работы: разработать способ выбора и обоснования перспективных средств связи для построения адаптивной системы связи тактического звена управления на основе формализованного оценивания свойств образцов техники, определяющих их способность обеспечивать перестроение топологии, изменение режимов функционирования и сохранение управляемости в условиях динамической обстановки.

Метод: системный и функциональный анализ.

Результаты: предложен порядок выбора перспективных средств связи, основанный на иерархической системе показателей адаптивности. Система включает функциональный, конструктивно-технологический, эксплуатационный и организационно-управленческий блоки. Разработана процедура нормализации исходных характеристик, рекурсивного агрегирования частных показателей и формирования интегрального индекса пригодности образца для построения адаптивной системы связи тактического звена управления. Предложен критерий выбора перспективного средства связи с учетом ограничений по минимально допустимым значениям частных и групповых показателей. Выполнена апробация подхода на образцах Р-149МА1 и Р-142НМР.

Научная новизна: выбор перспективных средств связи представлен как формализованная многокритериальная процедура, в которой адаптивность рассматривается не как вспомогательная характеристика, а как самостоятельное системное свойство, определяющее пригодность образца для включения в адаптивную систему связи тактического звена управления.

Введение

Современные условия применения подразделений тактического звена управления характеризуются высокой изменчивостью обстановки, ростом интенсивности информационного обмена, расширением сетевых принципов управления и повышением требований к устойчивости связи. В этих условиях эффективность управления войсками во многом определяется не только наличием работоспособных средств связи, но и способностью системы связи оперативно изменять свою структуру, режимы работы и порядок взаимодействия элементов [1, 2].

Воздействие деструктивных факторов, перегрузка каналов, отказ отдельных технических средств, изменение условий распространения радиоволн и необходимость перераспределения информационных потоков требуют от системы связи тактического звена управления свойства адаптивности. При оценке эксплуатационных свойств техники существенны техническая готовность, выработка ресурса и режимы эксплуатации; их взаимосвязь исследована в работе [3].

В настоящей статье адаптивность рассматривается шире технической готовности: как способность образца обеспечивать перестроение топологии сети и изменение режимов функционирования в меняющихся условиях.

Выбор технических средств по совокупности частных характеристик относится к задачам многокритериального оценивания. В работе [4] предложен метод определения обобщенных показателей эффективности технических средств для выбора предпочтительного варианта в составе организационно-технической системы. В обзоре [5] показана необходимость учитывать ограничения методов многокритериального принятия решений. Поэтому оценивание по разрозненным характеристикам без единой процедуры сопоставления не обеспечивает достаточной обоснованности выбора.

В связи с этим возникает необходимость разработки способа, который позволял бы не только оценивать отдельные свойства средств связи, но и использовать результаты оценки для обоснованного выбора перспективных образцов.

¹ Слепова Валентина Павловна, адъюнкт Военной академии связи им. С. М. Буденного. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: slepovavalentina719@gmail.com

Такой способ должен учитывать функциональные возможности, конструктивно-технологические особенности, эксплуатационные свойства и организационно-управленческую пригодность средств связи, а итоговая оценка должна быть представлена в форме единого интегрального показателя. Общие вопросы оценки эффективности вооружения и военной техники рассматриваются в монографии [6].

Цель настоящей статьи состоит в разработке способа обеспечения выбора и обоснования перспективных средств связи для построения адаптивной системы связи тактического звена управления на основе иерархической системы показателей, процедур нормализации и рекурсивного агрегирования частных характеристик.

Модель выбора перспективных средств связи и постановка задачи

Рассмотрим множество сравниваемых образцов средств связи

$$S = \{S_1, S_2, \dots, S_q\}, \quad (1)$$

где S_i – i -й образец средства связи, включаемый в процедуру выбора; q – число рассматриваемых вариантов.

Каждый образец S_i характеризуется совокупностью исходных показателей.

$$X_i = \{x_{ijmn}\}, \quad (2)$$

где индекс i соответствует оцениваемому образцу, индекс j – блоку показателей, индекс m – группе, а индекс n – частному измеряемому показателю.

В качестве основных блоков оценки принимаются:

F – функциональная адаптивность;

K – конструктивно-технологическая адаптивность;

E – эксплуатационная адаптивность;

O – организационно-управленческая адаптивность.

Тогда множество блоков оценки задается выражением

$$J = \{F, K, E, O\}. \quad (3)$$

Функциональная адаптивность отражает способность средства связи обеспечивать изменение режимов функционирования, маршрутизацию, взаимодействие с другими элементами сети и поддержку различных способов организации информационного обмена.

Конструктивно-технологическая адаптивность характеризует модульность, возможность модернизации, совместимость с перспективными

техническими решениями и способность образца к наращиванию функциональных возможностей.

Эксплуатационная адаптивность определяется пригодностью средства связи к применению в различных условиях обстановки, удобством обслуживания, ремонтпригодностью, устойчивостью к эксплуатационным ограничениям и возможностью быстрого восстановления работоспособности.

Организационно-управленческая адаптивность отражает возможность включения образца в существующие и перспективные контуры управления, соответствие требованиям жизненного цикла, совместимость с процедурами планирования, контроля состояния и модернизации. Методический пример планирования и управления процессами жизненного цикла техники на основе сетевой модели представлен в работе [7].

Задача выбора перспективного средства связи заключается в определении такого образца, который обеспечивает наибольшее значение интегрального показателя адаптивности при выполнении заданных ограничений:

$$S^* = \arg \max_{S_i \in S} I_i, \quad (4)$$

при условиях

$$B_{ij} \geq B_j^{\min}, j \in J; \quad (5)$$

$$P_{ijmn} \geq P_{jmn}^{\min}, \quad (6)$$

где I_i – интегральный индекс адаптивности i -го образца; B_{ij} – значение j -го блока для i -го образца; $B_j^{\min}$ – минимально допустимое значение соответствующего блока; P_{ijmn} – нормализованное значение частного показателя; $P_{jmn}^{\min}$ – минимально допустимое значение частного показателя.

В такой постановке выбор средства связи рассматривается не как простое ранжирование по одному техническому параметру, а как многокритериальная процедура, учитывающая соответствие образца требованиям адаптивной системы связи тактического звена управления.

Основные результаты

Для реализации предложенного способа используется четырехуровневая иерархическая модель показателей. Первый уровень образует интегральный индекс адаптивности I_i , который характеризует обобщенную пригодность i -го образца для построения адаптивной системы связи. Второй уровень включает блоки F, K, E, O . Третий уровень представлен группами показателей внутри каждого блока. Четвертый уровень составляют базовые измеряемые показатели, получаемые по результатам испытаний, анализа

технической документации, экспертного оценивания и опыта эксплуатации.

Исходные показатели имеют различную физическую природу и могут измеряться в разных единицах. Поэтому предварительно выполняется их нормализация, необходимая для приведения разнородных показателей к общей шкале [8]. Для i -го образца нормализованное значение частного показателя определяется в общем виде:

$$P_{ijmn} = N_{jmn}(x_{ijmn}), \quad (7)$$

где N – функция нормализации, выбранная с учетом смысла соответствующего показателя.

Если увеличение исходного значения повышает адаптивность, применяется прямая нормализация по минимальному и максимальному значениям (min–max) [8, с. 2–3]:

$$P_{ijmn} = \frac{x_{ijmn} - x_{jmn}^{\min}}{x_{jmn}^{\max} - x_{jmn}^{\min}}. \quad (8)$$

Если увеличение исходного значения ухудшает оценку, используется обратная нормализация:

$$P_{ijmn} = \frac{x_{jmn}^{\max} - x_{ijmn}}{x_{jmn}^{\max} - x_{jmn}^{\min}}. \quad (9)$$

Для показателей, имеющих нормативный или пороговый характер, может применяться пороговая функция:

$$P_{ijmn} = \begin{cases} 1, & x_{ijmn} \geq x_{jmn}^{\text{req}} \\ \frac{x_{ijmn}}{x_{jmn}^{\text{req}}}, & x_{ijmn} < x_{jmn}^{\text{req}} \end{cases}, \quad (10)$$

где требуемое значение показателя задается нормативом или условиями применения.

После нормализации выполняется рекурсивное агрегирование с использованием взвешенной суммы. Пример последовательного применения нормализации min–max и взвешенного среднего с учетом иерархии показателей представлен в [8]. Сначала частные показатели объединяются в групповой показатель:

$$G_{ijm} = \sum_n u_{jmn} P_{ijmn}, \quad (11)$$

где G_{ijm} – значение m -й группы j -го блока для i -го образца; u_{jmn} – весовой коэффициент частного показателя.

Далее групповые показатели агрегируются в значение блока:

$$B_{ij} = \sum_m v_{jm} G_{ijm}, \quad (12)$$

где v_{jm} – весовой коэффициент m -й группы внутри j -го блока.

Итоговый интегральный индекс адаптивности определяется выражением

$$I_i = \sum_{j \in J} w_j B_{ij}, \quad (13)$$

где w_j – весовой коэффициент j -го блока, удовлетворяющий условию

$$\sum_{j \in J} w_j = 1. \quad (14)$$

Весовые коэффициенты u , v и w могут определяться методом анализа иерархий на основе парных сравнений элементов. При использовании экспертных суждений необходимо проверять согласованность матриц парных сравнений; процедура ее повышения рассмотрена в работе [9]. Выбор процедуры определения весов должен соответствовать принятой модели оценки и характеру исходных данных.

Для повышения обоснованности выбора перспективного средства связи предлагается учитывать не только максимальное значение интегрального индекса, но и сбалансированность профиля адаптивности. Для этого может использоваться показатель минимального блока:

$$B_i^{\min} = \min_{j \in J} B_{ij}. \quad (15)$$

Если два образца имеют близкие значения интегрального индекса, предпочтение целесообразно отдавать варианту с более высоким значением минимального блока, поскольку такой образец обладает менее выраженными ограничивающими факторами.

С учетом этого уточненный критерий выбора может быть представлен в виде

$$S^* = \arg \max_{S_i \in S} (\alpha I_i + (1 - \alpha) B_i^{\min}), \quad (16)$$

где α_{Ipha} – коэффициент значимости интегральной оценки, принимающий значения от 0 до 1.

Предложенный способ реализуется в виде последовательности этапов.

На первом этапе определяется цель выбора: оснащение подразделений, модернизация существующей системы связи, формирование требований к перспективному образцу либо сравнительная оценка вариантов технического оснащения.

На втором этапе задаются сценарии применения, определяются ограничения, формируется перечень сравниваемых образцов и устанавливается система показателей.

На третьем этапе выполняется сбор исходных данных, формируется массив исходных характеристик и проводится нормализация по формулам (7)–(10).

На четвертом этапе рассчитываются групповые показатели, значения блоков и интегральный индекс по формулам (11)–(13).

На пятом этапе осуществляется проверка ограничений (5) и (6), после чего выполняется ранжирование образцов по критериям (4) или (16).

На шестом этапе формируются рекомендации по выбору средства связи, выявляются ограничивающие факторы и определяются направления модернизации.

Апробация способа выполнена на двух штатных образцах техники связи: Р-149МА1 и Р-142НМР. По результатам нормализации и рекурсивного агрегирования получены значения интегрального индекса:

$$I_{R-149MA1} = 0,81; \quad (17)$$

$$I_{R-142NMR} = 0,85. \quad (18)$$

Полученные значения показывают, что образец Р-142НМР имеет более высокий интегральный уровень адаптивности. При этом анализ структуры показателей позволяет установить не только итоговое преимущество, но и причины различий между образцами. Для Р-149МА1 одним из ограничивающих факторов выступает функциональная адаптивность, связанная с возможностями перестроения режимов работы и взаимодействия с элементами сети. Для Р-142НМР профиль адаптивности является более сбалансированным, что свидетельствует о более равномерном распределении свойств по функциональному, конструктивно-технологическому, эксплуатационному и организационно-управленческому блокам.

Таким образом, предложенный способ позволяет не только выбрать предпочтительный образец, но и обосновать выбор через структуру показателей. Это особенно важно при формировании требований к перспективным средствам связи, поскольку интегральный индекс показывает общий уровень пригодности, а частные и групповые показатели указывают, какие свойства необходимо развивать в первую очередь.

Практическая значимость способа заключается в возможности его применения на различных этапах жизненного цикла средств связи: при разработке тактико-технических требований,

сравнении существующих образцов, планировании модернизации, оценке результатов опытной эксплуатации и формировании предложений по построению адаптивной системы связи тактического звена управления. В более широком контексте обоснование перспективного облика силовых компонентов военной организации рассматривается в монографии [10]; настоящая работа посвящена частной задаче выбора средств связи.

Заключение

Разработан способ обеспечения выбора и обоснования перспективных средств связи для построения адаптивной системы связи тактического звена управления. В основу способа положена иерархическая модель показателей, позволяющая связать частные измеряемые характеристики средств связи с интегральным индексом адаптивности.

Предложенная процедура включает нормализацию исходных показателей, рекурсивное агрегирование, формирование интегральной оценки, проверку ограничений и выбор перспективного образца по заданному критерию. В отличие от подходов, ориентированных на отдельные технические характеристики, разработанный способ позволяет учитывать функциональные, конструктивно-технологические, эксплуатационные и организационно-управленческие свойства средств связи в единой системе оценивания.

Апробация на образцах Р-149МА1 и Р-142НМР показала возможность количественного сравнения средств связи и выявления ограничивающих факторов адаптивности. Полученные значения 0,81 и 0,85 подтверждают применимость предложенного способа для обоснования выбора перспективного образца и формирования направлений модернизации.

Использование разработанного способа создает научно-методическую основу для перехода от фрагментарной экспертной оценки средств связи к формализованному выбору образцов, обеспечивающих построение адаптивной системы связи тактического звена управления.

Литература

1. Воробьев И. Г., Романов В. М. Развитие форм и способов построения системы связи тактического звена управления // Военная мысль. – 2022. – № 6. – С. 62–71.
2. Тишков В. В., Иванов В. Г., Лукьянчик В. Н. Обоснование облика построения перспективных комплексов и средств связи на основе опыта организации связи при проведении специальной военной операции // Военная мысль. – 2023. – № 9. – С. 59–72.
3. Буравлев А. И., Белорозов М. С. Модели управления технической готовностью ВВСТ при планировании и реализации государственной программы вооружения // Вооружение и военная техника. – 2022. – № 1(59). – С. 12–32.

4. Кожевин Д. Ф., Матвеев А. В., Самигуллин Г. Х., Смирнов А. С. Метод многокритериальной оценки эффективности технических средств в организационно-технических системах // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. – 2023. – № 4. – С. 59–70. – DOI: 10.61260/2218-13X-2023-4-59-70.
5. Чечнев В. Б. Анализ и классификация многокритериальных методов принятия решений // Онтология проектирования. – 2024. – Т. 14. – № 4(54). – С. 607–624. – DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-4-607-624.
6. Буренок В. М. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники / под ред. В. М. Буренка. М.: Издательский дом «Граница», 2022. – 264 с.
7. Дубовский В. А., Курбанов А. Х., Плотноков В. А. Сетевая модель планирования и управления процессами жизненного цикла вооружения и военной техники: процедура построения и реализации // Известия РАРАН. – 2020. – № 3 (113). – С. 39–45.
8. Becker W., Caperna G., Del Sorbo M., Norlén H., Papadimitriou E., Saisana M. COINr: An R package for developing composite indicators // Journal of Open Source Software. – 2022. – Vol. 7. – No. 78. – Article 4567. – DOI: 10.21105/joss.04567.
9. Salomon V. A. P., Gomes L. F. A. M. Consistency Improvement in the Analytic Hierarchy Process // Mathematics. – 2024. – Vol. 12. – No. 6. – Article 828. – DOI: 10.3390/math12060828.
10. Буренок В. М. Концепция обоснования перспективного облика силовых компонентов военной организации Российской Федерации. М.: Издательство «Граница», 2018. – 520 с.

METHOD FOR SELECTING AND JUSTIFYING PROMISING COMMUNICATION EQUIPMENT FOR BUILDING AN ADAPTIVE COMMUNICATION SYSTEM AT THE TACTICAL COMMAND LEVEL

Slepova V. P.²

Keywords: adaptive communication system, selection of promising samples, integral indicator, property tree, normalization, method of hierarchy analysis.

Abstract

The purpose of the work is to develop a method for the selection and justification of promising means of communication for the construction of an adaptive communication system of the tactical control link on the basis of a formalized assessment of the properties of equipment samples, which determine their ability to ensure the rebuilding of the topology, changing the modes of operation and maintaining controllability in a dynamic environment.

Method: system and functional analysis.

Results: the procedure for selecting promising means of communication, based on the hierarchical system of indicators of adaptability, is proposed. The system includes functional, constructive-technological, operational, organizational-managerial blocks. A procedure for normalization of initial characteristics, recursive aggregation of partial indicators and formation of an integral index of sample suitability for building an adaptive communication system of tactical control is developed. A criterion for choosing a promising means of communication is proposed, taking into account restrictions on the minimum permissible values of partial and group indicators.

Scientific novelty: the choice of promising means of communication is presented as a formalized multi-criteria procedure, in which adaptability is considered not as an auxiliary characteristic, but as an independent system property that determines the suitability of the sample for inclusion in the adaptive communication system of the tactical control link.

References

1. Vorob'yov I. G., Romanov V. M. Razvitie Form i sposobov postroeniya sistemy svyazi takticheskogo zvena upravleniya // Voennaya mysl'. – 2022. – No. 6. – Pp. 62–71.
2. Tishkov V. V., Ivanov V. G., Luk'yanchik V. N. Obosnovanie oblika postroeniya perspektivnykh kompleksov i sredstv svyazi na osnove opyta organizatsii svyazi pri provedenii special'noj voennoj operatsii // Voennaya mysl'. – 2023. – No. 9. – Pp. 59–72.
3. Buravlev A. I., Belorozov M. S. Modeli upravleniya tehnikeskoy gotovnost'yu VVST pri planirovani i realizatsii gosudarstvennoy programmy vooruzheniya // Vooruzhenie i voennaya tekhnika. – 2022. – No. 1 (59). – Pp. 12–32.
4. Kozhevina D. F., Matveev A. V., Samigullin G. H., Smirnov A. S. Metod mnogokriterial'noy ocenki ehffektivnosti tehnikeskikh sredstv v organizatsionno-tehnikeskikh sistemah // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii. – 2023. – No. 4. – Pp. 59–70. – DOI: 10.61260/2218-13X-2023-4-59-70.
5. Chechnev V. B. Analiz i klassifikatsiya mnogokriterial'nykh metodov prinyatiya resheniy // Ontologiya proektirovaniya. – 2024. – V. 14. – No. 4 (54). – Pp. 607–624. – DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-4-607-624.
6. Burenok V. M. Metody ocenki ehffektivnosti vooruzheniya i voennoj tekhniki / pod red. V. M. Burenka. M.: Izdatel'skiy dom «Granica», 2022. – 264 p.

² Valentina P. Slepova, adjunct of the Military Academy of Communications named after S. M. Budyonny. St. Petersburg, Russia. E-mail: slepovavalentina719@gmail.com

7. Dubovskij V. A., Kurbanov A. H., Plotnikov V. A. Setevaya model' planirovaniya i upravleniya processami zhiznennogo cikla vooruzheniya i voennoj tehniki: procedura postroeniya i realizacii // Izvestiya RARAN. – 2020. – No. 3(113). – Pp. 39–45.
8. Becker W., Caperna G., Del Sorbo M., Norlén H., Papadimitriou E., Saisana M. COINr: An R package for developing composite indicators // Journal of Open Source Software. – 2022. – Vol. 7. – No. 78. – Article 4567. – DOI: 10.21105/joss.04567
9. Salomon V. A. P., Gomes L. F. A. M. Consistency Improvement in the Analytic Hierarchy Process // Mathematics. – 2024. – Vol. 12. – No. 6. – Article 828. – DOI: 10.3390/math12060828.
10. Burenok V. M. Konceptiya obosnovaniya perspektivnogo oblika silovyh komponentov voennoj organizacii Rossijskoj Federacii. M.: Izdatel'stvo «Granica», 2018. – 520 p.

