

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ И КОМПЛЕКСОВ СВЯЗИ ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЖИВУЧЕСТИ

Вольхин С. Д.¹, Пустошкин М. М.²

DOI:10.21681/3034-4050-2025-4-52-58

Ключевые слова: живучесть, эффективность, модель воздействия, разведзащищенность, огневое поражение, система связи, система управления.

Аннотация

Цель работы: на основе анализа и обобщения исходных данных, разработать модель огневого воздействия противника, сформулировать основные направления повышения эффективности применения средств и комплексов связи путем обеспечения живучести элементов системы связи в современном вооруженном противоборстве.

Метод исследования основан на разработке комплексных аналитических и имитационных моделей, оценивающих процессы неопределенности и многоаспектности ведения боевых действий.

Результаты исследования обеспечили внедрение алгоритмов математического моделирования, способных воспроизводить вероятностные события, возникающие при эксплуатации средств связи в современном конфликте. Это, в свою очередь, обеспечивает аналитическую основу для оценки живучести элементов системы связи, прогнозирования критических точек системы, оптимизации ресурсов восстановления.

Сформулированная система критериев позволяет формализовать процесс выбора стратегий, технических решений и организационных мер для повышения живучести инфраструктуры связи. Данный механизм направлен на выполнение ключевой задачи – гарантировать бесперебойность, оперативность и надежность управления войсками даже в условиях интенсивного противодействия. Реализация подхода обеспечивает адаптацию систем связи к многофакторным рискам современного театра военных действий через приоритезацию защищенных технологий передачи, а распределенное резервирование критических узлов позволят оценить возможный ущерб элементам системы связи который может нанести противник средствами огневого поражения в ходе боевых действий, разработать структуру системы связи в боевых действиях и порядок и сроки ее развертывания и обеспечения функционирования. При этом полученные результаты позволяют спланировать направления и мероприятия обеспечения живучести элементов системы связи, сил и средств связи.

Результаты моделирования определяют научно обоснованные требования к тактико-техническим характеристикам комплексов и средств связи, которые способны реализовать систему связи с требуемыми характеристиками при выполнении мероприятий по живучести. Результаты будут положены в основу предложений по разработке форм, способов обеспечения живучести элементов системы связи.

Научная новизна: на основе созданной модели оценки уязвимости элементов систем связи к огневому воздействию предложен инновационный метод анализа эффективности применения средств связи и их структурных компонентов. Обновленный подход акцентирует внимание на поддержании живучести системы связи на протяжении всего цикла операции (боевых действий), что позволяет прогнозировать сценарии боевого применения подразделений связи в условиях динамично меняющейся оперативной обстановки и противодействия противника, позволяя динамическое перераспределение ресурсов сети.

1 Вольхин Сергей Дмитриевич, адъюнкт Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Будённого, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: volkhin21@mail.ru

2 Пустошкин Максим Михайлович, адъюнкт Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С. М. Будённого, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: max.pustoshkin@yandex.ru

Введение

Анализ опыта специальной военной операции выявил ключевые тенденции трансформации современного военного противостояния:

1. Изменение пространственной динамики боевых действий:

- переход к мозаичному формату операций с автономными тактическими группами, действующими рассредоточено на изолированных направлениях при отсутствии сплошной линии фронта;
- смещение акцента на урбанизированные территории и зоны критической инфраструктуры, что усложняет логистику и применение классических схем управления.

2. Дефицит инженерной подготовки ТВД:

- ограниченное развертывание фортификационных сооружений, узлов связи и других элементов оперативного обустройства, снижающее устойчивость систем управления.

3. Асимметризация угроз:

- эскалация диверсионно-разведывательной активности с массовым использованием БПЛА различного класса, включая роевые тактики и точечные удары по элементам связи;
- рост технологического паритета за счет интеграции оптико-электронных комплексов, радиотехнической разведки и систем РЭБ нового поколения.

4. Технологический перелом в средствах поражения:

- критическое увеличение доли высокоточных боеприпасов с дистанционным наведением, требующее пересмотра принципов маскировки и живучести объектов системы связи.

Современные боевые действия предъявляют высокие требования к средствам и комплексам связи, а постоянно меняющаяся оперативная обстановка и высокая степень угрозы требуют эффективного и гибкого подхода к их применению.

Специальная военная операция (СВО) кардинально трансформировала принципы ведения современных боевых действий. «Второстепенная» задача – дезорганизации системы управления противника вышла на первые роли в структуре общевойсковых операций:

- созданы специальные подразделения для проведения целевых операций по подавлению систем управления;
- разработаны новые комплексы разведки, поражения и тактические алгоритмы их применения.

Ключевым вызовом стала необходимость противодействия комплексным атакам на систему и войска связи.

Сформирован принцип «асимметричной живучести», основанный на:

1. Многоуровневом резервировании каналов передачи данных (спутниковые, радиорелейные, мобильные сети).
2. Автоматизированном перераспределении потоков информации при повреждении критических узлов.
3. Внедрении квантово-защищенных протоколов для блокировки киберфизического воздействия.

Практика СВО подтвердила, что даже в условиях превосходства противника в разведывательно-ударных системах (высокоточное оружие, БПЛА, средства РЭБ) живучесть связи достигается за счет:

- динамической топологии сетей, исключающей статичные уязвимые точки;
- использования AI-алгоритмов для прогнозирования и парирования атак в реальном времени;
- интеграции гражданских инфраструктурных решений (например «mesh»-сетей) для обеспечения избыточности.

Эти меры не только минимизируют потери техники и личного состава, но и создают оперативный дисбаланс в пользу сторон, способных гибко адаптировать технологии к меняющемуся театру военных действий [2].

Постановка задачи

Выполнение мероприятий по обеспечению живучести позволяет сократить потери сил и средств связи и как следствие повысить эффективность функционирования системы связи.

Практика СВО показала, что в условиях активного воздействия противника эффективность и высокой динамики боевых действий, эффективность системы связи актуально рассматривать по живучести средств связи в течение всей операции воинского

формирования. При этом в условиях современного вооруженного конфликта достигаются необходимые устойчивость, непрерывность и оперативность управления войсками в условиях деструктивного воздействия противника [2, 6]. Немаловажным фактором в данном контексте являются сокращение материально-финансовых затрат на восполнение потерь и времени на восстановление системы связи.

В ходе операции объекты развернутой системы связи будут подвержены постоянному воздействию средств разведки и поражения. При этом огневое поражение можно разделить на две группы:

- ❖ к первой группе относятся удары обычного и ВТО, которые воздействуют на систему связи или отдельные ее элементы точно и непродолжительное время. Они характеризуются вероятностным законом распределения по времени с параметрами работы сети связи по живучести. В сети связи при этом происходит весь набор событий – функционирование, поражение, выход из строя, восстановление, функционирование;
- ❖ к другой группе можно отнести виды воздействий, которые не могут устойчиво повторяться при функционировании сети связи в каждом этапе операции и приводящие, как правило, к большому количеству безвозвратных потерь сил и средств связи на большой площади и приводящие к длительному их восстановлению. Это характерно при массированных ракетно-авиационных ударах.

Показатели живучести сети связи должны быть сочетаться с требованиями по устойчивости, непрерывности, оперативности, мобильности и качества управления.

Для решения этих задач требуется научно-методический аппарат, позволяющий осуществлять моделирование огневого воздействия противника на протяжении всего периода боевых действий.

Решение задачи

При разработке модели огневого поражения объектов системы связи положен метод, сочетающий построение комплексных моделей, которые учитывают факторы неопределенности и многоаспектность процессов и методик расчета и оценки численных значений необходимых показателей. Этот подход основан на функциональной, системной

и структурной сложности предмета исследования.

Вероятность поражения элементов системы связи зависит от многочисленных факторов и в целом является случайной величиной. При этом вероятность поражения (P_{nop}) по l -му элементу определяется выражением:

$$P_{nop_l} = 1 - \prod_{j=1}^J [1 - K_{jl}^{ny} \cdot P_{jl}(V) \cdot P_{jl}(D)]$$

где K_{jl}^{ny} – коэффициент возможности нанесения удара j -го типа по l -му элементу; $P_{jl}(V)$ – вероятность того, что противником своевременно нанес удар по разведанному объекту; $P_{jl}(D)$ – вероятность доставки j -го средства по l -му элементу.

Коэффициент (K_{jl}^{ny}) определяет возможность j -го средства поразить l -й элемент системы связи и определяются по формуле:

$$K_{jl}^{ny} = \begin{cases} 1, & \text{если } D_j \min \leq D_l \leq D_j \max, \\ 0, & \text{если } D_l < D_j \min \text{ или } D_j \max < D_l. \end{cases}$$

где D_l – расстояние до объекта; $D_j \min$, $D_j \max$ – тактико-технические характеристики средств поражения по минимальной и максимальной дальности поражения.

Вероятность своевременного нанесения противником удара по объекту зависит от времени подготовки вооружения к применению и от времени нахождения «вскрытого» элемента системы связи районе и определяется по формуле:

$$P_{jl}(V) = \left[\frac{\vartheta \cdot m_{t_\phi}}{1 + \vartheta \cdot m_{t_\phi}} \right]^k,$$

где $k = \left\lceil \frac{m_t^2}{D_T} \right\rceil$, $\vartheta = \frac{k}{m_t}$ – параметры γ (гамма)-распределения времени на подготовку удара; m_t – математическое ожидание времени, необходимого для огневого воздействия; D_T – дисперсия времени, которое необходимого для удара; m_{t_ϕ} – математическое ожидание времени функционирования элемента системы связи в районе.

Время для подготовки к нанесению удара, включает время на обнаружение объекта, обработку информации, принятие решения на воздействие, подготовку вооружения. Математическое ожидание времени m_t , для подготовки и нанесение удара, определяется как:

$$m_t = m_{t_p} + m_{t_y} + m_{t_{ny}},$$

где m_{t_p} – математическое ожидание времени на разведку объекта системы связи; m_{t_y} – математическое ожидание времени для принятия решения на воздействие;

$m_{t_{ny}}$ – математическое ожидание времени на подготовку вооружения и сам удар.

Противодействие поражению ВТО и БПЛА средствами противовоздушной обороны (ПВО), характеризуется вероятностью поражения средствами ПВО ($P_i^{ПВО}$). Опыт СВО показывает, что на современном этапе развития вооружения ПВО, $P_i^{ПВО} \leq 0,4-0,5$, что будет соответствовать уничтожению от 40 % до 50 % носителей.

Исходя из вышеизложенного, модель огневого воздействия противника на элементы системы связи можно представить в виде структурно-логической схемы [3,10] (рис. 1).

По опыту СВО можно выделить ряд эффективных мероприятий и способов повышения живучести элементов системы связи.

Так применение средств беспроводного широкополосного доступа позволяет

организовывать высокоскоростные линии привязки, не имеющие ярко выраженных демаскирующих признаков.

Необходимо отдельно остановиться на одном из перспективных направлений активно применяющимся в ходе СВО – использование малозаметных антенно-мачтовых устройств, которые сложно обнаружить средствами видовой разведки и их маскировка под окружающую местность, в том числе с учетом времени года. Особенно это касается антенно-мачтовых устройств.

В СВО ключевым способом повышения живучести элементов системы связи стало формирование «серого фона» – системы мер, направленных на маскировку элементов связи среди множества аналогичных объектов. Это затрудняет противнику идентификацию критически важных целей, увеличивая

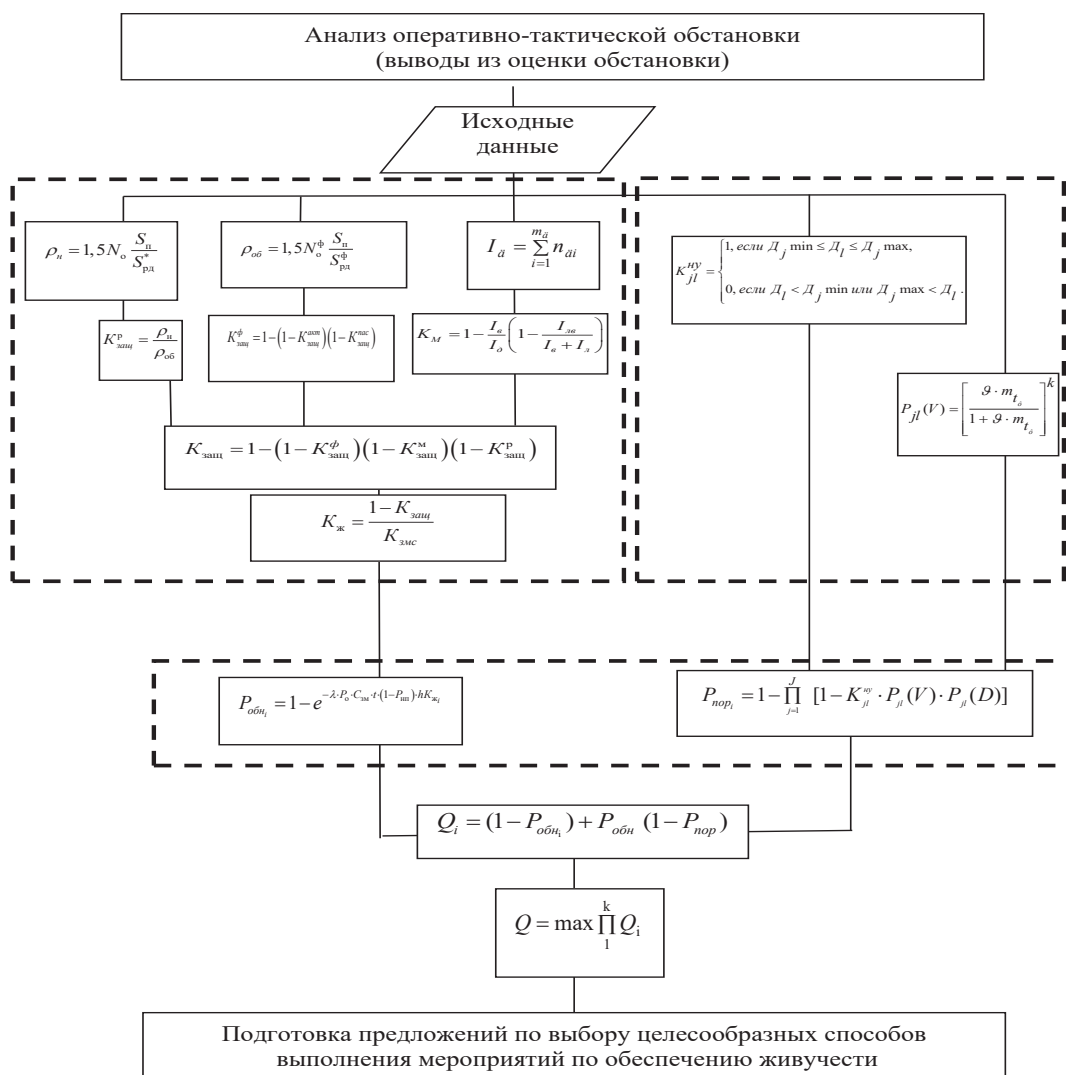


Рис. 1. Модель огневого воздействия на элементы системы связи

среднее время их обнаружения разведкой. Концепция «серого фона» реализуется через четыре взаимосвязанных направления:

1. Использование во всех звеньях управления средств связи с одинаковыми тактико-техническими характеристиками.
2. Применение средств связи, стоящих на снабжении в вооруженных силах, средств связи «двойного» назначения, использование ресурса сетей сотовой связи, сетей Интернет.
3. Маскировка аппаратных связи под «гражданский» автотранспорт, создание командно-штабных машин и комплексных аппаратных связи на базе линейных боевых машин.
4. Применение антенн, не имеющих ярко выраженных «демаскирующих» признаков.

Результаты внедрения «серого фона»:

- ❖ увеличение времени вскрытия элементов системы связи (среднее время идентификации цели разведкой противника возрастает на 40–60 %, что критически снижает эффективность высокоточных ударов);
- ❖ повышение живучести и снижение потерь (на 25–30 % уменьшается вероятность поражения узлов связи в первых 3 часа после их развертывания, система сохраняет управляемость даже при потере 30–40 % элементов).

«Серый фон» не только усложняет работу разведки противника, но и формирует асимметричное преимущество, где живучесть достигается не технологическим превосходством, а тактической изобретательностью.

Заключение

Разработанная модель огневого воздействия противника позволяет спрогнозировать и оценить потенциальный ущерб, который будет нанесен системе в ходе операции (боя).

В качестве результатов использования модели появляется возможность:

- ❖ выявить потенциальный ущерб воздействия противника и определить наиболее опасные средства огневого поражения;
- ❖ разработать структуру системы связи в операции, обеспечивающую лучшую эффективность по показателю живучести;
- ❖ правильно использовать боевые возможности подразделений и системы связи;
- ❖ определить необходимость применения тех, или иных способов активной или пассивной защиты элементов системы связи.

Эти факторы формируют «гибридную» среду ведения боевых действий, где успех определяется способностью систем связи:

- ❖ обеспечивать управление в условиях фрагментированного оперативного пространства;
- ❖ противостоять многоуровневым помеховым и огневым воздействиям;
- ❖ сохранять функциональность при дефиците времени на восстановление критических узлов.

Адаптация к данным вызовам требует внедрения нейросетевых алгоритмов прогнозирования угроз, модульной архитектуры комплексов связи и интеллектуальных систем динамической реконфигурации сетей.

Статья публикуется по рекомендации доктора военных наук, доцента Иванова Василия Геннадьевича. Москва, Россия. E-mail: wasj2006@yandex.ru

Литература

1. Воробьев И. Г., Романов В. М. Развитие форм и способов построения системы связи тактического звена управления // Военная Мысль. 2022. № 6. С. 61–70.
2. Тевс О. П., Пустошкин М. М.. Моделирование тактики подразделений связи в условиях современного вооруженного противоборства // Телекоммуникации и связь. № 3. 2024. С.5–12.
3. Корепанов В. О., Шумов В. В. Моделирование военных, боевых и специальных действий // Военная мысль № 1, 2023. С. 28.
4. Иванов В. Г. Основы построения и оценки эффективности функционирования системы связи специального назначения в международном вооруженном конфликте на основе многосферной и конвергентной структуры ее элементов: Монография. – СПб.: ПОЛИТЕХ, 2023. – 298 с.
5. Иванов В. Г. Модель технической основы системы управления специального назначения в едином информационном пространстве на основе конвергентной инфраструктуры системы связи: Монография. – СПб.: СПбПУ, 2018. – 214 с.

6. Вольхин С. Д. Анализ воздействия системы разведки и РЭБ, средств огневого поражения на систему связи современном вооруженном конфликте // Сборник статей по материалам XIII Международной научно-технической конференции. Воронеж: ВУНЦ ВВС России, 2024, с. 13–17.
7. Пустошкин М. М., Степынин Д. В., Филимоненков М. Х., Васильева Т. Г., Ульянов В. В. Направления развития вооруженной борьбы, влияющие на тактику войск связи // Стратегическая стабильность. № 4(109). 2024. С. 37–40.
8. Вольхин С. Д. Обеспечение живучести системы связи и ее элементов в современных условиях ведения вооруженной борьбы // Сборник трудов Военно-научной конференции – СПб: ВАС. 2024. С. 21–25.
9. Пустошкин М. М., Анализ тактики применения соединений (воинских частей, подразделений) связи в условиях современного вооруженного противоборства // Сборник научных трудов III международной научно-практической конференции: Карбышевское чтение «Наше дело правое – победа будет за нами». Тюмень: ТВВИКУ. Т. 6, 2024. С. 62–67.
10. Пустошкин М. М., Ульянов В. В., Шамсутдинова Е. Ю. Основные направления совершенствования тактики соединений, частей и подразделений связи в условиях современного вооруженного противоборства // Сборник научных трудов научной конференции «Повышение обороноспособности государства 2024» – Военный учебный центр СПбПУ. – СПб.: 2024. С. 13–17.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE USE OF COMMUNICATION FACILITIES AND COMPLEXES BY CARRYING OUT MEASURES TO ENSURE SURVIVABILITY

Volkhin S. D.¹, Pustoshkin M. M.²

Keywords: survivability, effectiveness, impact model, reconnaissance protection, fire damage, communication system, control system.

Abstract

The purpose of the work: on the basis of the analysis and generalization of the initial data, to develop a model of the enemy's fire impact, to formulate the main directions for improving the effectiveness of the use of communication means and complexes by ensuring the survivability of the elements of the communication system in modern armed confrontation.

The research method is based on the development of complex analytical and simulation models that assess the processes of uncertainty and multifaceted nature of warfare.

The results of the study provided the introduction of mathematical modeling algorithms capable of reproducing probabilistic events that arise during the operation of communication facilities in a modern conflict. This, in turn, provides an analytical basis for assessing the survivability of communication system elements, predicting critical points of the system, and optimizing recovery resources.

The formulated system of criteria makes it possible to formalize the process of selecting strategies, technical solutions and organizational measures to increase the survivability of the communication infrastructure. This mechanism is aimed at fulfilling the key task – to guarantee the continuity, efficiency and reliability of command and control of troops even in conditions of intense counteraction protected transmission technologies, and distributed redundancy of critical nodes will make it possible to assess the possible damage to the elements of the communication system that can be caused by the enemy by means of fire damage in the course of hostilities, to develop the structure of the communication system in combat operations and the procedure and timing of its deployment and operation. At the same time, the results obtained will make it possible to plan the directions and measures to ensure the survivability of the communication system elements, forces and means of communication.

The simulation results will determine scientifically based requirements for the tactical and technical characteristics of complexes and communication facilities that are capable of implementing a communication system with the required characteristics when performing survivability measures. The results will form

¹ Sergey D. Volkhin, Adjunct of the Military Academy of Communications, St. Petersburg, Russia. E-mail: volkhin21@mail.ru

² Maxim M. Pustoshkin, Adjunct of the Military Academy of Communications, St. Petersburg, Russia. E mail: max.pustoshckin@yandex.ru

the basis of proposals for the development of forms, methods to ensure the survivability of communication system elements.

Scientific novelty: on the basis of the created model for assessing the vulnerability of communication system elements to fire impact, an innovative method for analyzing the effectiveness of the use of communication equipment and their structural components is proposed. The updated approach focuses on maintaining the survivability of the communication system throughout the entire cycle of operation (combat operations), which makes it possible to predict scenarios for the combat use of communication units in the context of dynamically changing operational situation and counteraction of the enemy, allowing dynamic redistribution of network resources.

References

1. Vorob'ev I. G., Romanov V. M. Razvitie form i sposobov postroenija sistemy svjazi takticheskogo zvena upravlenija // Voennaja Mysl'. 2022. № 6. S. 61–70.
2. Tevs O. P., Pustoshkin M. M.. Modelirovanie taktiki podrazdelenij svjazi v uslovijah sovremennogo vooruzhennogo protivoborstva// Nauchnyj recenziruemij zhurnal: Telekommunikacii i svjaz'. № 3. – M.: MO RF, 2024. S. 5–12.
3. Korepanov V. O., Shumov V. V. Modelirovanie voennyh, boevyh i special'nyh dejstvij// Voenno-teoreticheskij zhurnal: Voennaja mysl' № 1. – M.: MO RF, 2023. S. 28.
4. Ivanov V. G. Fundamentals of construction and evaluation of the efficiency of functioning of a special-purpose communication system in an international armed conflict based on the multi-sphere and convergent structure of its elements: Monograph. - St. Petersburg: POLYTECH, 2023. – 298 p.
5. Ivanov V. G. Model' tehnikeskoj osnovy sistemy upravlenija special'nogo naznachenija v edinom informacionnom prostranstve na osnove konvergentnoj infrastruktury sistemy svjazi: Monografija. SPb.: SPbPU, 2018. 214 s.
6. Vol'hin S. D Analiz vozdejstvija sistemy razvedki i RJeB, sredstv ogneвого porazhenija na sistemu svjazi sovremennom vooruzhennom konflikte // Sbornik statej po materialam XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii – Voronezh: VUNC VVS Rossii, 2024, str. 13–17.
7. Pustoshkin M. M., Stepynin D. V., Filimonenkov M. H., Vasil'eva T. G., Ul'janov V. V. Napravlenija razvitija vooruzhennoj bor'by, vlijajushhie na taktiku vojsk svjazi // Nauchno-prakticheskij mezhdisciplinarnyj zhurnal: «Strategicheskaja stabil'nost'» № 4(109). – 2024, S. 37–40.
8. Vol'hin S. D. Obespechenie zhivuchesti sistemy svjazi i ee jelementov v sovremennyh uslovijah vedenija vooruzhennoj bor'by // Sbornik trudov Voenno-nauchnoj konferencii – Spb: VAS, 2024, S. 21–25.
9. Pustoshkin M. M., Analiz taktiki primenenija soedinenij (voinskih chastej, podrazdelenij) svjazi v uslovijah sovremennogo vooruzhennogo protivoborstva // Sbornik nauchnyh trudov III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Karbyshevskoe chtenie «Nashe delo pravoe – pobeda budet za nami». Tjumen': TVVIKU. T. 6, 2024. S. 62–67.
10. Pustoshkin M. M., Ul'janov V. V., Shamsutdinova E. Ju. Osnovnye napravlenija sovershenstvovanija taktiki soedinenij, chastej i podrazdelenij svjazi v uslovijah sovremennogo vooruzhennogo protivoborstva // Sbornik nauchnyh trudov nauchnoj konferencii «Povyshenie oboronosposobnosti gosudarstva 2024» – Voennyj uchebnyj centr SPbPU. – SPb.: 2024. S. 13–17.

