

МЕТОДИКА РАБОТЫ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ПО СВЯЗИ ОБЪЕДИНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛО- ГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ И СРЕДСТВАХ СВЯЗИ

Савицкий А. Ю.¹

Ключевые слова: система управления связи, организационное управление, оперативно-техническое управление, технологическое управление, планирование, цифровой двойник.

Цель исследования: разработать вариант работы должностных лиц по связи объединения Вооруженных сил Республики Беларусь, обеспечивающий повышение оперативности планирования и постановки задач на обеспечение связи с качеством не хуже требуемого.

Метод исследования: теоретический и эмпирический анализ, моделирования и сравнения

Результат: в исследовании рассматривается актуальная проблема повышения эффективности работы должностных лиц по связи объединения Республики Беларусь. Особое внимание уделяется методике работы с использованием технологии цифровых двойников. Проведён анализ существующих методов работы, выявлены их недостатки и предложены пути оптимизации. Результаты исследования подтверждают, что применение цифровых двойников значительно улучшает качество планирования и детализации задач на обеспечение связи, повышая оперативность и точность работы системы управления.

Научная новизна: исследования заключается в разработке и внедрении инновационной методики работы должностных лиц по связи объединения Республики Беларусь, основанной на использовании технологии цифровых двойников. Это позволяет существенно повысить эффективность планирования и постановки задач на обеспечение связи, что является новым подходом к решению проблемы оптимизации работы системы управления.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование процесса выполнения задач операции войсками связи, а также анализ методов и характера воздействия противника позволили сделать вывод о том, что планирование системы связи, особенно её полевой составляющей, представляет собой непрерывный процесс, который осуществляется в течение всего времени функционирования пунктов управления (ПУ). Динамика перемещения оперативных групп ПУ в зоне боевых действий требует от органов управления связью постоянной корректировки действующей сети передачи данных в режиме реального времени. При этом сеть, адаптирующаяся к изменениям физической и логической структур в соответствии с текущей оперативной обстановкой, должна обеспечивать выполнение требований по своевременности и качеству передачи информации при минимизации времени на реализацию. Таким образом, можно утверждать, что на протяжении всего времени функциониро-

вания ПУ должностные лица непрерывно осуществляют работу по обеспечению связи.

ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ. ПЛАНИРОВАНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВЯЗИ

Одним из основных элементов системы связи является ее система управления, которая представляет собой совокупность функционально и организационно связанных между собой органов, пунктов и средств управления, на организационном, оперативно-техническом и технологическом уровнях (рис.1) [1].

Система связи (СС) является неотъемлемой частью любой системы управления, обеспечивая обмен информацией между различными элементами системы.

СС объединений и соединений Вооруженных сил Республики Беларусь (РБ) характеризуются высокой сложностью. К числу наиболее важных процессов управления связью относятся

¹ Савицкий Алексей Юрьевич, адъюнкт кафедры организации связи Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного, Санкт-Петербург. E-mail: savialexey7@mail.ru

планирование связи, на основе которого осуществляется постановка задачи подчиненным на выполнение поставленных задач. В настоящее время, наиболее сложным является вопрос постановки задачи на настройку телекоммуникационного оборудования, так как для каждого необходимо разработать свой комплект данных по связи. Кроме того, чтобы обеспечить функционирование необходимо спланировать не только физическую связность оборудования между собой, но и логические структуры, создаваемых сетей связи [2].

В соответствии с [3] и организацией процессов управления связью при планировании и постановке задач на обеспечение связи можно выделить три уровня модели системы управления СС с учетом влияющих факторов, каждый из которых решает определенные задачи (рис 2).

При использовании традиционного метода планирования [3,4]:

- на организационном уровне: начальник связи определяет общую структуру сетей связи и ставит задачу подчиненным в виде боевого распоряжения с приложениями, где должны присутствовать данные по связи;
- на организационно-техническом уровне командир полка связи и штаб, получив боевое распоряжение, детализируют данную задачу в виде разработки общей схемы-приказа на узлы связи с приложениями; командир подразделения готовит схемы-приказы на боевые посты;
- на технологическом уровне механик аппаратной связи по полученным схемам-приказам и технологическим картам осуществляет настройку телекоммуникационного оборудования.

Настройка телекоммуникационного оборудования в соответствии со спланированными логическими структурами является ключевым этапом в обеспечении эффективной работы системы связи.

Логические структуры представляют собой основу для организации и управления потоками данных, ресурсами и функциями системы. Они позволяют разделить систему на отдельные модули, каждый из которых выполняет определённые задачи, что упрощает управление, поддержку и модернизацию системы.

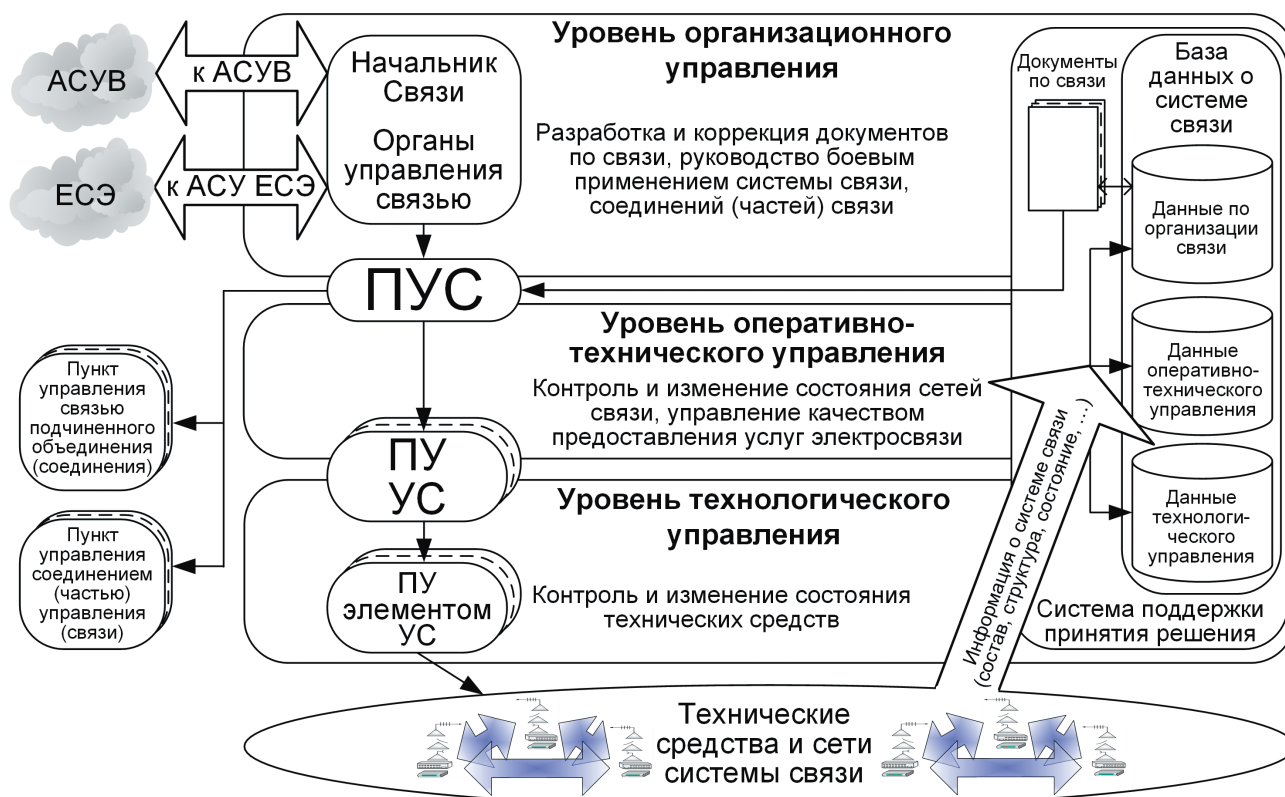


Рис.1. Структуры системы управления связи объединения



Рис.2. Модель системы управления связью объединения

Сложность применения логических структур в системе связи требует особого внимания к следующим аспектам (рис.3):

- применение логических структур в системе связи требует тщательной проработки таких аспектов, как:
 - определение IP-адресов для каждого порта телекоммуникационного оборудования;
 - проверка MAC-адресов на наличие петель;
 - настройка маршрутизации с учётом номеров автономных систем и MAC-адресов;
 - организация VPN-туннелей, взаимодействие между клиентским терминальным оборудованием и серверами связи;
 - настройка алгоритмов передачи разнородного трафика и правил фильтрации и другие.

Методология формирования логических структур сетей связи с разработкой комплекта данных по связи для узла связи в целом и телекоммуникационного оборудования в частности, на сегодня является нерешенной задачей и представляет собой серьезную проблему.

Разработка документов оперативно-технической службы, таких как схемы-приказ является крайне сложными для исполнения. Возникают значительные временные затраты и необходимость привлечения большого количества специалистов, что не позволяет максимально использовать все возможности оборудования и обеспечивать требуемое качество при предоставлении услуг связи должностным лицам (ДЛ).

Успешное и своевременное выполнение задач по точной и комплексной конфигурации телекоммуникационного оборудования может быть достигнуто благодаря применению технологии цифровых двойников (ЦД). Применение технологии ЦД позволяет в имитационной модели создать виртуальную сеть передачи данных системы связи объединения, которая будет соответствовать реальной.

Адекватность результатов моделирования, полученных с использованием программных образов реального телекоммуникационного оборудования, установленного в аппаратных связях, проверены при помощи теста Шапиро–Уилка (рис.4).

Адресная структура	До каждого порта телекоммуникационного оборудования должны быть определены IP-адреса с маской сети (в рамках общих правил назначения адресов).
Структура маршрутизации (статическая, динамическая)	Необходимо провести проверку MAC (IP) - адресов на предмет отсутствия «петель». При BGP-4 (протоколах динамической маршрутизации): номер автономной системы каждого маршрута, MAC (IP)-адреса сети при организации маршрутизации для каждой пары маршрутизаторов. При OSPF: определение весового коэффициента каждого маршрутизатора в масштабе сети.
Структура VPN - туннелей	Организация взаимодействия между сервером и оконечными устройствами. Ввод ключевых документов в оконечное оборудование
Логические структуры по видам (услугам) связи	Организация взаимодействия между клиентским терминальным оборудованием по виду связи и серверов связи с точки зрения настройки конфигурационных файлов оконечного оборудования.
Структура очередей и правила приоритезации при передаче трафика с учетом его важности	Определение алгоритмов передачи разнородного трафика для каждого узла связи и настройка телекоммуникационного оборудования.
Настройка правил фильтрации согласно структуры информационного обмена	Настройка структуры информационного обмена: IP-адреса сетей отправителя (получателя), типы используемых протоколов, номера логических портов транспортного уровня.

Рис.3. Перечень основных настроек логических структур системы связи

```
import scipy.stats as stats
# Применение теста Шапиро-Уилка
def shapiro_wilk_test(data):
    stat, p_value = stats.shapiro(data)
    return stat, p_value
# Данные для интервалов
data_10_15 = [10,12, 14, 10,15, 13, 11, 12, 13, 15, 14, 11, 10, 12, 15, 14, 13, 14, 12, 15]
data_10_20 = [10, 15, 17, 12, 14, 19, 10, 16, 20, 13, 11, 18, 12, 15, 19, 14, 11, 16, 20, 10]
data_10_25 = [10, 20, 15, 12, 14, 22, 11, 16, 25, 13, 18, 21, 10, 17, 24, 19, 11, 23, 12, 15]
data_10_30 = [10, 20, 25, 15, 14, 22, 13, 18, 28, 11, 17, 21, 26, 12, 29, 24, 19, 16, 27, 23]
data_10_40 = [10, 20, 35, 15, 14, 22, 13, 18, 28, 11, 17, 21, 26, 12, 30, 24, 19, 16, 27, 23]
# Применение теста Шапиро-Уилка
shapiro_10_15 = shapiro_wilk_test(data_10_15)
shapiro_10_20 = shapiro_wilk_test(data_10_20)
shapiro_10_25 = shapiro_wilk_test(data_10_25)
shapiro_10_30 = shapiro_wilk_test(data_10_30)
shapiro_10_40 = shapiro_wilk_test(data_10_40)
(shapiro_10_15, shapiro_10_20, shapiro_10_25, shapiro_10_30, shapiro_10_40)
```

Рис.4. Вариант применения теста Шапиро-Уилка в среде программирования Python

Результаты проверки для вариантов интервалов отклонения (10-15, 10-20, 10-25, 10-30 и 10-40 минут) представлены ниже.

Тест Шапиро-Уилка для всех указанных интервалов не отвергает нулевую гипотезу о нормальности распределения данных, это действительно указывает на адекватность модели.

После проведения моделирования конфигурационные файлы виртуального оборудования загружаются в реальное, согласно его месту, в сети.

Interval	Statistic	P-value
10-15 мин.	0.912	0.071
10-20 мин.	0.928	0.141
10-25 мин.	0.936	0.203
10-30 мин.	0.960	0.551
10-40 мин.	0.972	0,787

Рис.5. Результаты применения теста Шапиро-Уилка

В ходе имитационного моделирования условно возможно выделить четыре этапа [5]:

1. Моделирование сети связи в имитационной модели.
2. Тестирование сети связи по показателям эффективности.
3. Подготовка конфигурационных файлов оборудования в виртуальной модели.
4. Загрузка конфигурационных файлов виртуального оборудования в реальное, согласно его места в сети.

Применение данного метода позволяет достичь серьезного эффекта, а именно:

- Происходит сокращение времени на подготовку телекоммуникационного оборудования к обеспечению связи более чем в 20 раз. Причем чем больше размерность сети, тем выше будет получаемый эффект.
- Значительно уменьшается вероятность ошибки при настройке оборудования, так как проводится тестирование сети в имитационной модели.

Таким образом ЦД представляет собой программно-аппаратный комплекс, описывающие поведение реальных объектов или систем в различных условиях обстановки. Они применяются для прогнозирования этого поведения и оптимизации работы соответствующих органов управления или систем.

Работа должностных лиц с использованием ЦД направлена не на разработку бумажных документов, а на точный ввод исходных данных и анализ полученных расчетных результатов в виде конфигурационных файлов.

МЕТОДИКА РАБОТЫ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ПО СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Методика работы должностных лиц по связи с использованием технологии цифровых двойников включает следующие этапы:

Определение целей и задач связи: Должностные лица определяют цели и задачи связи, которые должны быть достигнуты с помощью цифровых двойников. Это включает в себя анализ потребностей в связи, определение требований к качеству связи и выбор соответствующих технологий.

Создание цифрового двойника: На этом этапе разрабатывается виртуальный прототип системы связи, который будет использовать-

ся для моделирования и тестирования различных сценариев. Цифровой двойник должен точно отражать реальные характеристики системы связи, включая её топологию, оборудование и протоколы.

Моделирование и тестирование: с помощью цифрового двойника проводится моделирование различных сценариев связи, включая изменение нагрузки, отказ оборудования и воздействие внешних факторов. Это позволяет оценить эффективность системы связи и выявить потенциальные проблемы до их возникновения в реальной системе.

Анализ результатов: После проведения моделирования и тестирования результаты анализируются должностными лицами по связи. Определяются слабые места системы связи и предлагаются меры по их устранению.

Планирование и постановка задач: На основе анализа результатов моделирования и тестирования должностные лица планируют мероприятия по обеспечению связи и ставят задачи подразделениям связи. Задачи могут включать модернизацию оборудования, изменение конфигурации системы связи.

Реализация плана: Подразделения связи выполняют поставленные задачи, используя результаты моделирования и тестирования для оптимизации своих действий.

Мониторинг и корректировка: После реализации плана должностные лица продолжают мониторинг системы связи, используя цифровой двойник для выявления возможных проблем и корректировки действий подразделений связи.

Задача исследования предполагает обеспечение повышения оперативности планирования и постановки задач на обеспечение связи с качеством не хуже требуемого.

Исходными данными для формирования вариантов организации планирования и постановки задач являются:

- методы работы, принятые в штабе объединения, определяющие количество работ;
- требования по срокам подготовки и проведения операции;
- решение начальника связи на распределение должностных лиц по связи.

На основании исходных данных строятся сетевые модели работы должностных лиц при планировании связи и постановке задач на обеспечение связи.

Детализация методики работы должностных лиц по связи, учитывающая формирование логических структур при планировании и поста-

новке задач при традиционном планировании включает (рис 6):

1. Формирование структуры сети передачи данных (СПД) (схем, таблиц распределения IP-адресов).
2. Формирование предложений на организацию СПД, их рассмотрение и утверждение.
3. Разработка распоряжения по связи с приложениями.
4. Выработка решения на применение подчинённых подразделений связи по организации СПД, утверждение его у вышестоящего начальника.
5. Разработка распорядительных документов применения подчинённых подразделений связи (схемы-приказы, данные по связи, таблицы рас-

пределения IP-адресов) и их доведение.

6. Разработка документов оперативно-технической службы на узлах связи.
7. Подготовка технологических карт для настройки телекоммуникационного оборудования аппаратных связи (по числу аппаратных).
8. Настройка телекоммуникационного оборудования (ТКО) в соответствии с технологическими картами (по числу аппаратных (N), с учётом подготовленных специалистов (M)).

Методики работы должностных лиц по связи, учитывающая формирование логических структур при планировании и постановке задач с применением технологии цифровых двойников включает (рис 7):



Рис.7. Методика работы должностных лиц при планировании и постановке задач на обеспечение связи с использованием технологии цифровых двойников

1. Формирование структуры СПД (схем, таблиц распределения IP-адресов).
2. Формирование предложений на организацию СПД, их рассмотрение и утверждение.
3. Нанесение элементов СПД в виртуальной лаборатории.
4. Формирование адресной структуры СПД (применение встроенных программ и «библиотечных образов» ТКО).
5. Тестирование параметров сформированной СПД.
6. Формирование конфигурационных файлов.
7. Передача конфигурационных файлов на ТКО.
8. Загрузка конфигурационных файлов в реальное ТКО.

Использование методики работы долж-

ностных лиц при планировании и постановке задач(ПЗ) на обеспечение связи с использованием технологии цифровых двойников позволяет значительно повысить эффективность планирования и обеспечения связи, снизить риски возникновения проблем и ускорить процесс принятия решения (рис 8.)

Исследование системы управления объединения и методики работы должностных лиц по связи, учитывающие формирование логических структур позволило определить длительности цикла управления и выявления способности системы выполнять планирование и постановку задач на обеспечение связи в условиях допустимого времени и сделать вывод, что при существующих методах работы штабов при планировании связи невозможно обеспечить своевременную постановку задач на обеспечение связи с требуемым качеством (требуемой степенью детализации).



Рис.8. Сравнительный анализ, затраченного времени должностными лицами при планировании и постановке задач с(без) использования технологии цифровых двойников

Использование методики работы должностных лиц по связи объединения Республики Беларусь с применением технологии цифровых двойников является актуальным решением, поскольку позволяет эффективно планировать и обеспечивать связь, учитывая длительность цикла управления и способность системы выполнять задачи с требуемым качеством и степенью детализации. Это особенно важно в условиях современного мира, где оперативность и точность играют ключевую роль.

ВЫВОДЫ

В процессе исследования системы управления объединения и методики работы должностных лиц по связи, мы использовали комплексный подход, включающий в себя:

Теоретический анализ – изучение и анализ существующей литературы и исследований по теме, что позволило сформировать теоретическую базу для дальнейшего исследования.

Эмпирический анализ – сбор и анализ данных о существующих методиках работы должностных лиц по связи, включая анализ длительности цикла управления и способности си-

стемы выполнять задачи с требуемым качеством.

Метод моделирования – создание модели системы управления для оценки ее эффективности и определения возможных улучшений.

Метод сравнения – сравнение существующих методик работы с предлагаемой методикой работы с использованием технологии цифровых двойников для выявления преимуществ последней.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

Существующие методы работы штабов при планировании связи не позволяют обеспечить своевременную постановку задач на обеспечение связи с требуемым качеством.

Методика работы должностных лиц по связи объединения Республики Беларусь с использованием технологии цифровых двойников является актуальной и применимой, так как позволяет повысить эффективность планирования и обеспечения связи.

Применение технологии цифровых двойников способствует улучшению качества планирования и детализации задач на обеспечение связи, что в свою очередь повышает оперативность и точность работы системы управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Падишин С.А., Сазыкин А.М., Даньшин С.С., Грищенко К.А. Имитационное планирование системы связи специального назначения на основе применения технологии цифровых двойников // Вопросы оборонной техники. – 2022. № 16. – С. 48–55.

3. Иванов В. Г., Астахов А. И., Кривцов С. П. [и др.] Тенденции технического развития системы связи группировки войск (сил) // Стратегическая стабильность. – 2020. – № 3/92. – С. 39–43.
4. Копичев О. А., Николаев А. Е. Современные войны: анализ тенденций развития межгосударственного противоборства, классификация форм и способов борьбы, формирование признаков и критериев военного конфликта // Системы управления, связи и безопасности. – 2021. – № 1. – С. 1–32.
5. Боговик А. В., Игнатов В. В. Теория управления в системах военного назначения. – СПб. ВАС. 2008. – 468 с.
6. Ермишян А. Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: в 3 частях // Военная академия связи. СПб., 2005. Ч. 1: Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи. – 740 с.
7. Падишин С.А., Литвинов А.И., Манаков К.О., Шешуков А.С., Курочка В.А. Имитационное планирование системы связи объединения на основе применения виртуальной сетевой лаборатории EVE-NG // Известия РАРАН. Выпуск 5 (115), СПб.: РАРАН, 2020 г., 148-157 стр.
8. Бегаев А.Н., Стародубцев Ю.И., Фёдоров В.Г. Методика оценки управляемости фрагмента сети связи общего пользования с учетом влияния множественности центров управления и деструктивных программных воздействий // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 4 (22). – С. 32–39.

WORK METHODOLOGY OF COMMUNICATION OFFICIALS OF THE ASSOCIATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN PLANNING AND SETTING TASKS TO ENSURING COMMUNICATIONS USING DIGITAL TWIN TECHNOLOGY

Savitsky A. Yu.¹

Keywords: communication management system, organizational management, operational and technical management, technological management, planning, digital twin.

Objective of the study. To develop a variant of work of officials on communications of the association of the Armed Forces of the Republic of Belarus, ensuring increase of efficiency of planning and setting of tasks on provision of communications with the quality not worse than required.

Research method. Theoretical and empirical analysis, method of modeling and comparison.

Result. The study considers the actual problem of increase of efficiency of work of officials on communications of the association of the Republic of Belarus. Particular attention is paid to the methodology of work using the technology of digital twins. The analysis of the existing methods of work was conducted, their shortcomings were revealed and ways of optimization were proposed. The results of the study confirm that the use of digital twins significantly improves the quality of planning and detailing of tasks on provision of communications, increasing efficiency and accuracy of the control system.

The scientific novelty of the study lies in the development and implementation of an innovative methodology for the work of officials on communications of the association of the Republic of Belarus, based on the use of digital twin technology. This allows to significantly increase the efficiency of planning and setting tasks for ensuring communications, which is a new approach to solving the problem of optimizing the operation of the management system.

REFERENCES

1. Ivanov V. G. Fundamentals of the Design and Efficiency Evaluation of a Special Purpose Communication System in an International Armed Conflict Based on a Multispherical and Convergent Structure of Its Elements: Monograph. – St. Petersburg: POLITECH, 2023. – 298 p.
2. Padishin S.A., Sazykina A.M., Danshin S.S., Grishchenko K.A. Simulation Planning of a Special Purpose Communication System Based on the Application of Digital Twin Technology. Defense Technology Issues. – 2022. No. 16. – pp. 48–55.
3. Ivanov V. G., Astakhov A. I., Krivtsov S. P. [et al.] Trends in the Technical Development of the Communication System of a Troop (Force) Grouping // Strategic Stability. – 2020. – No. 3/92. – pp. 39–43.

¹ Alexey Y. Savitsky, Adjunct of the Department of Communications of the Military Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny, St. Petersburg. E-mail: savialexey7@mail.ru

4. Kopichev O. A., Nikolaev A. E. Modern Wars: Analysis of the Development Trends of Interstate Confrontation, Classification of Forms and Methods of Struggle, Formation of Signs and Criteria of Military Conflict // Control Systems, Communications and Security. – 2021. – No. 1. – pp. 1–32.
5. Bogovik A. V., Ignatov V. V. Theory of Management in Military Systems. – St. Petersburg: VAS, 2008. – 468 p.
6. Ermishyan A. G. Theoretical Foundations for the Design of Military Communication Systems in Formations and Units: Textbook: in 3 parts. VAS; A. G. Ermishyan. – St. Petersburg, 2005. – Part 1: Methodological Foundations for the Design of Organizational and Technical Military Communication Systems. – 740 p.
7. Padishin S.A., Litvinov A.I., Manakov K.O., Sheshukov A.S., Kurochka V.A. Simulation Planning of a Formation's Communication System Based on the Application of the EVE-NG Virtual Network Laboratory. Proceedings of RARAN. Issue 5 (115), St. Petersburg: RARAN, 2020, pp. 148-157.
8. Begaev A.N., Starodubtsev Y.I., Fedorov V.G. Methodology for Assessing the Manageability of a Fragment of a Public Communication Network Considering the Influence of Multiple Control Centers and Destructive Software Impacts // Cybersecurity Issues. – 2017. – No. 4 (22). – pp. 32–39. ■