



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04L 12/00 (2019.02); G05B 17/00 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018129734, 15.08.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.08.2018

Дата регистрации:
08.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.08.2018

(45) Опубликовано: 08.10.2019 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

302015, Орловская обл., г. Орел, ул.
Приборостроительная, 35, ФГКВОУ ВО
"Академия Федеральной службы охраны
Российской Федерации"

(72) Автор(ы):

Гречишников Евгений Владимирович (RU),
Шумилин Вячеслав Сергеевич (RU),
Трахинин Егор Леонидович (RU),
Белов Андрей Сергеевич (RU),
Анисимов Владимир Георгиевич (RU),
Анисимов Евгений Георгиевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное казенное
военное образовательное учреждение
высшего образования "Академия
Федеральной службы охраны Российской
Федерации" (RU)

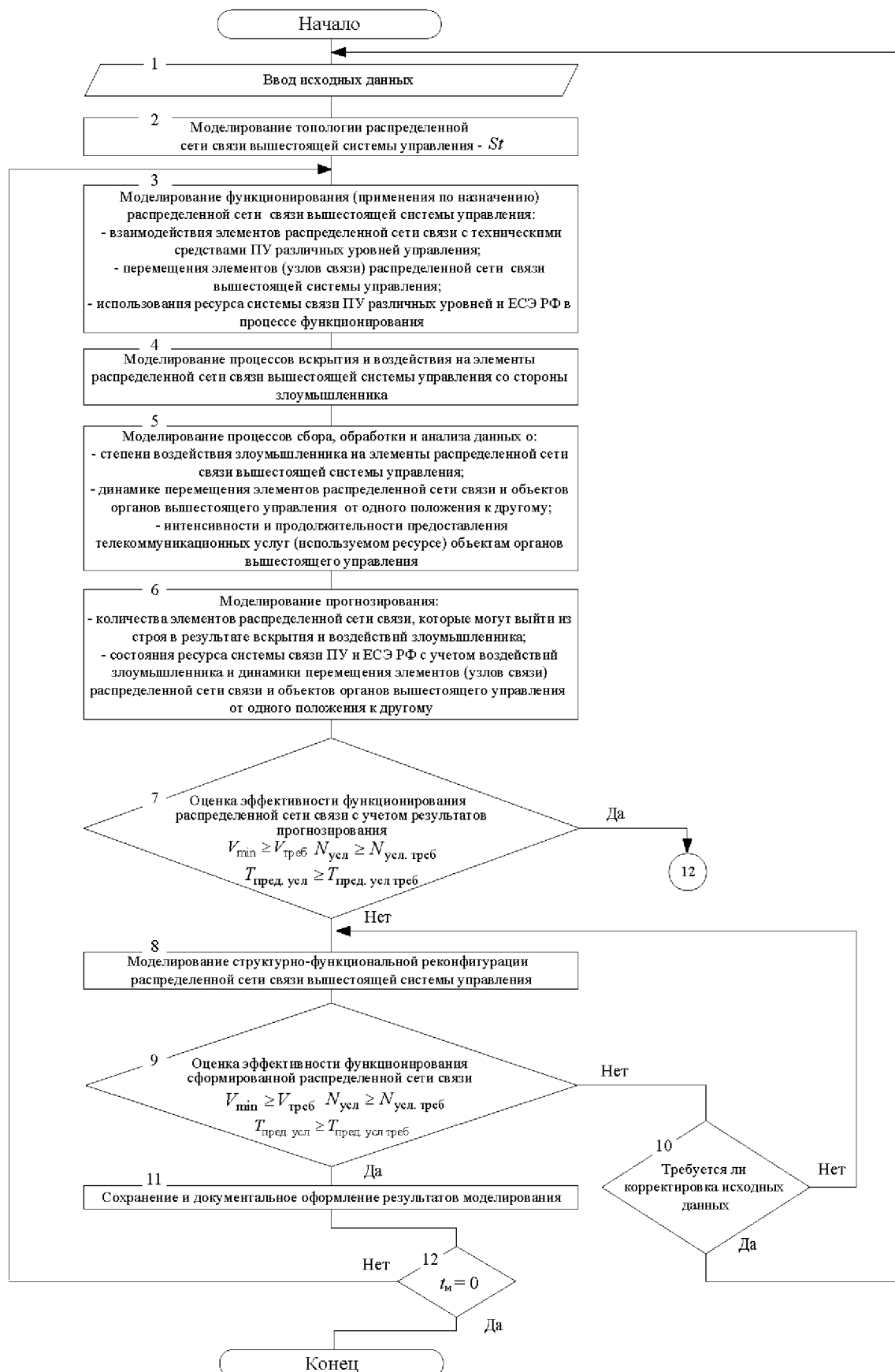
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2487387 C1, 10.07.2013. RU
2406146 C1, 10.12.2010. RU 2507565 C2,
20.02.2014. RU 159360 U1, 10.02.2016. US 2005/
0020278 A1, 27.01.2005.

(54) Способ моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенных сетей связи вышестоящей системы управления в условиях вскрытия и внешних деструктивных воздействий

(57) Реферат:

Изобретение относится к области вычислительной техники. Технический результат заключается в повышении устойчивости сети связи. Способ содержит этапы, на которых: моделируют развертывание сети связи; моделируют топологию сети связи; моделируют использование ресурса системы связи; моделируют определение используемого ресурса системы связи; моделируют прогнозирование состояния ресурса системы; моделируют изменение структуры системы связи; моделируют процесс взаимодействия элементов с техническими средствами; моделируют процессы

воздействия на элементы распределенной сети связи; моделируют степень воздействия на элементы сети связи; моделируют прогнозирование состояния ресурса системы; моделируют структурно-функциональную реконфигурацию распределенной сети связи; определяют критически важные элементы; моделируют процесс разработки вариантов структурной реконфигурации; моделируют параметрический синтез распределенной сети связи; оценивают эффективность сети связи; производят корректировку исходных данных. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H04L 12/00 (2019.02); G05B 17/00 (2019.02)(21)(22) Application: **2018129734, 15.08.2018**(24) Effective date for property rights:
15.08.2018Registration date:
08.10.2019

Priority:

(22) Date of filing: **15.08.2018**(45) Date of publication: **08.10.2019 Bull. № 28**

Mail address:

302015, Orlovskaya obl., g. Orel, ul.
Priborostroitel'naya, 35, FGKVOU VO "Akademiya
Federalnoj sluzhby okhrany Rossijskoj Federatsii"

(72) Inventor(s):

**Grechishnikov Evgenij Vladimirovich (RU),
Shumilin Vyacheslav Sergeevich (RU),
Trakhinin Egor Leonidovich (RU),
Belov Andrej Sergeevich (RU),
Anisimov Vladimir Georgievich (RU),
Anisimov Evgenij Georgievich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe kazennoe voennoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Akademiya Federalnoj sluzhby
okhrany Rossijskoj Federatsii" (RU)****(54) METHOD OF MODELING PROCESSES OF JUSTIFICATION OF REQUIRED LEVEL OF SURVIVABILITY
OF DISTRIBUTED COMMUNICATION NETWORKS OF A SUPERIOR CONTROL SYSTEM IN CONDITIONS
OF OPENING AND EXTERNAL DESTRUCTIVE EFFECTS**

(57) Abstract:

FIELD: computer engineering.

SUBSTANCE: invention relates to computer engineering. Method comprises steps of simulating deployment of a communication network; simulating a communication network topology; simulating the use of a communication system resource; determining the used communication resource resource definition; modeling resource state prediction; modifying the structure of a communication system; process of elements interaction with equipment is simulated; simulating processes of action on elements of a distributed communication network; modeling degree

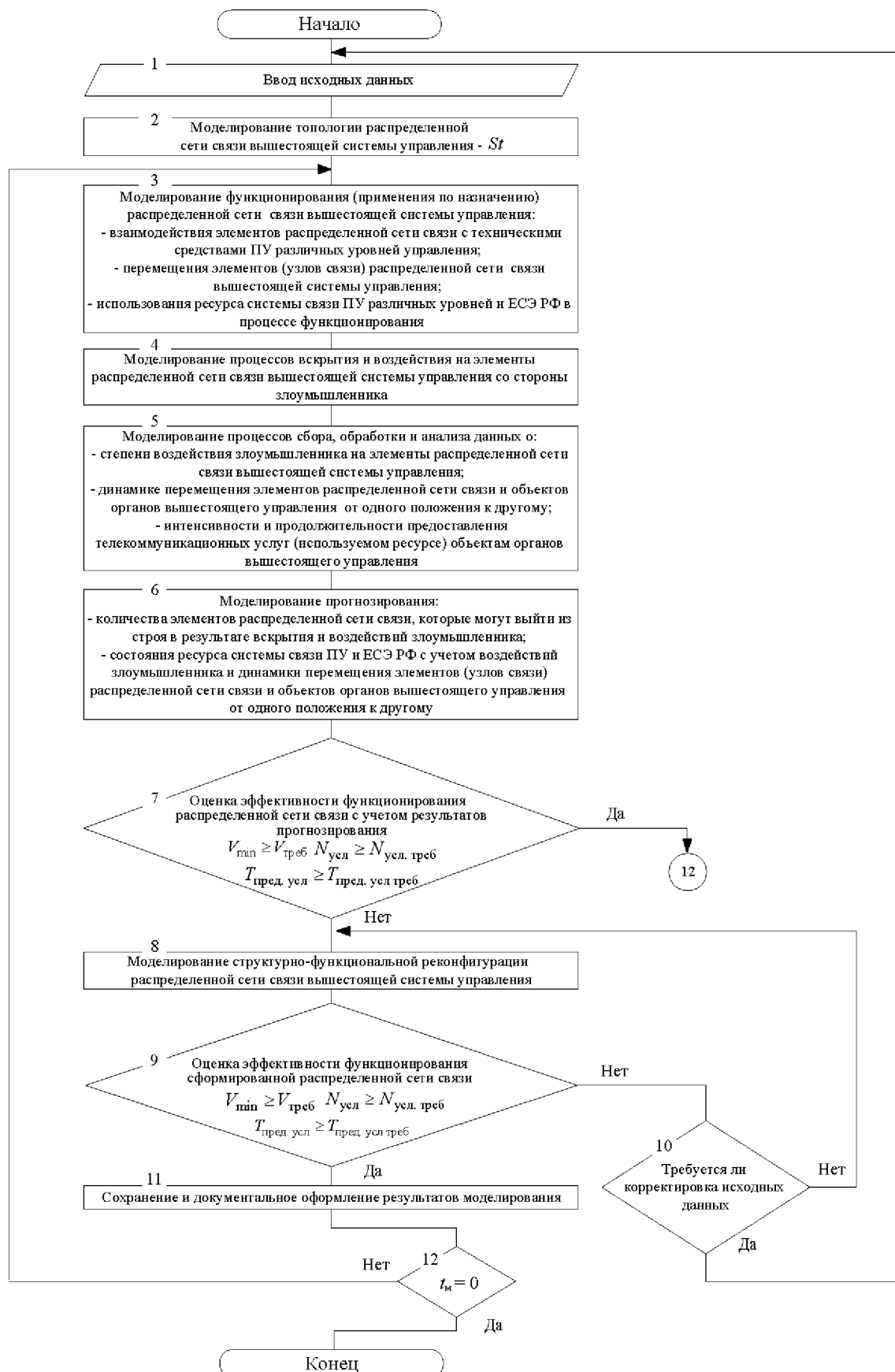
of effect on communication network elements; modeling resource state prediction; simulating structural-functional reconfiguration of a distributed communication network; critical elements are determined; modeling the process of developing structural reconfiguration options; simulating parametric synthesis of a distributed communication network; evaluating efficiency of a communication network; correcting initial data.

EFFECT: high stability of the communication network.

1 cl, 2 dwg

RU 2 702 503 C1

RU 2 702 503 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к области моделирования и может быть использовано при проектировании радиоэлектронных, технических систем, а также, для оценки показателей их живучести.

Толкование терминов, используемых в изобретении.

- 5 Единая сеть электросвязи Российской Федерации (ЕСЭ РФ) представляет собой совокупность технологически сопряженных сетей электросвязи общего пользования, выделенных сетей, технологических сетей связи, присоединенных к ЕСЭ РФ, сетей связи специального назначения и других сетей электросвязи для передачи информации при помощи электромагнитных систем (Ломовицкий В.В. Основы построения систем и сетей передачи информации / Ломовицкий В.В., Михайлов А.И., Шестак К.В., Щекотихин В.М. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 382 с., стр. 160).

- 10 Живучесть распределенной сети связи - характеризует устойчивость распределенной сети связи против действия причин (стихийных и преднамеренных), приводящих к разрушениям или значительным повреждениям некоторой части ее элементов: узлов, пунктов, станций и линий связи, а так же способность распределенной сети связи сохранять или быстро восстанавливать свое функционирование в условиях возможного физического уничтожения ее элементов (Дудник Б.Я., Овчаренко В.Ф., Орлов В.К. и др. Надежность и живучесть систем связи. М.: «Радио и связь», 1984.- 216 с., стр.9).

- 20 Информационно-технические воздействия - применение способов и средств информационного воздействия на информационно-технические объекты, на технику и вооружение в интересах достижения поставленных целей (Центр стратегических оценок и прогнозов. Информационная война и защита информации. Словарь основных терминов и определений www.csef.ru Москва, 2011, стр. 25).

- 25 Критичность отказа элемента сложной системы - сочетание тяжести последствий и частоты появления или других свойств отказа как характеристика необходимости идентификации источников, причин и сокращения частоты или количества появлений данного отказа и уменьшения тяжести его последствий. (ГОСТ Р 51901.12-2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. - М.: Стандартиформ, 2008. - 35 с.).

- 30 Моделирование - замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-модели путем проведения эксперимента (Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учебник для вузов - 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001. - 343 с., стр. 6).

- 35 Огневое поражение - уничтожение (подавление) сил и средств противника огнем различных видов оружия, ударами ракетных войск, артиллерии и авиации, а так же ударами разведывательно-огневых комплексов с применением боеприпасов в обычном снаряжении и снаряженных зажигательными веществами (Военная энциклопедия: в 8 томах, Т. 6. - М., 2002, стр. 9).

- 40 Разведывательная защищенность - свойство, характеризующее возможности радиоразведки противника по добыванию и обработке информации, описывающей уровень разведывательной доступности с учетом реальных свойств среды распространения радиоволн (Ермишян А.Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: Учебник. Часть 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи. СПб.: ВАС, 2005. - 740 с., стр. 345).

Распределенная сеть связи вышестоящей системы управления представляет собой первичные сети связи, различающиеся используемой средой распространения сигнала и (или), а также, развернутые на их базе вторичные сети связи, различающиеся

реализуемым видом электросвязи (типом передаваемых сообщений, прикладной службой передачи данных) (Гаранин М.В. и др. Системы и сети передачи информации: Учеб. пособие для ВУЗов. - М.: Радио и связь, 2001. - 336 с., стр. 13-19).

Реконфигурация системы заключается в изменении ее структуры, топологии, режимов работы, восстановлении поврежденных и отказавших элементов и т.д). Основы построения систем и сетей передачи информации. Учебное пособие для вузов / В.В. Ломовицкий, А.И. Михайлов, К.В. Шестак, В.М. Щекотихин; под. ред. В.М. Щекотихина - М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 382 с.

Система управления - совокупность управляемого объекта и устройства управления (средств сбора, обработки, передачи информации и формирования управляющих сигналов или команд), действие которой направлено на поддержание или улучшение работы объекта (Ермишян А.Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: Учебник. Часть 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи. СПб.: ВАС, 2005. - 740 с., стр. 307

Узел связи - организационно-техническое объединение сил и средств связи, средств автоматизированной системы управления, развернутых на пунктах управления или в пунктах распределения (коммутации) каналов (сообщений) для обмена информацией в процессе управления войсками (Военная энциклопедия: в 8 томах, Т. 8. - М., Военное издательство, 2004, стр. 177).

Известен способ моделирования, реализованный в изобретении («Способ моделирования процессов управления техническими средствами и система моделирования для его осуществления», патент РФ №2487387, G05B 17/00, опубликованное 10.07.2013, бюл. №19). Способ заключается в моделировании на пунктах управления (ПУ) функций оценки эффективности воздействия технических средств на все объекты воздействия.

Известен способ моделирования, реализованный в изобретении «Способ моделирования процессов двухуровневого управления и система для его осуществления (варианты)», патент РФ № 2507565, G06F 9/00, опубликованное 20.02.2014, бюл. №5. Способ заключается в моделировании выполнения функций сбора, обработки, анализа данных об объектах воздействия, принятия решения на осуществление воздействия и оценки эффективности осуществления воздействия.

Наиболее близким по своей технической сущности и выполняемым функциям аналогом-прототипом к заявленному, является способ, реализованный в изобретении РФ «Способ моделирования процессов управления и связи на распределенной территории», патент РФ №2631970, G06F 9/00, опубликованный 29.09.2017, бюл. №28.

Способ-прототип заключается в моделировании: топологии распределенной сети связи, перемещения элементов (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления (должностных лиц и мест их размещения и перемещения), необходимых способов привязки к узлам связи ПУ и ЕСЭ РФ с учетом существующего количества точек доступа и среднего времени их функционирования, определения используемого вышестоящей системой управления телекоммуникационного ресурса системы связи ПУ и ЕСЭ РФ, прогнозирования состояния ресурса системы связи ПУ и ЕСЭ РФ с учетом динамики перемещения элементов (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления от одного положения к другому, сравнения спрогнозированного ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с требуемым на определенный промежуток времени для обеспечения требуемого объема

телекоммуникационного ресурса моделируемой распределенной сети связи вышестоящей системы управления, применения сформированной распределенной сети связи вышестоящей системы управления по назначению, взаимодействия элементов (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления с техническими средствами пунктов управления различных уровней управления, основных процессов управления: сбора, обработки, анализа данных, передачи управляющих команд по линиям связи на ПУ нижестоящего уровня.

Данный способ был выбран за основу в качестве прототипа для заявленного способа.

Технической проблемой в данной области является низкая достоверность моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенной сети связи вышестоящей системы управления из-за отсутствия имитации: процессов вскрытия и воздействия на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления со стороны злоумышленника, процессов сбора, обработки и анализа статистических данных о степени воздействия злоумышленника на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления и динамике перемещения элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления, прогнозирования количества элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления, которые могут выйти из строя в результате вскрытия и воздействий злоумышленника, прогнозирования состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом воздействий злоумышленника, структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Технический результат - повышение устойчивости работы распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Техническая проблема решается созданием способа моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенных сетей связи вышестоящей системы управления в условиях вскрытия и внешних деструктивных воздействий, обеспечивающего возможность повысить достоверность моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенной сети связи вышестоящей системы управления за счет имитации: процессов вскрытия и воздействия на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления со стороны злоумышленника, процессов сбора, обработки и анализа статистических данных о степени воздействия злоумышленника на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления и динамике перемещения элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления, прогнозирования количества элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления, которые могут выйти из строя в результате вскрытия и воздействий злоумышленника, прогнозирования состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом воздействий злоумышленника, структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Техническая проблема решается тем, что способ моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенных сетей связи вышестоящей системы управления в условиях вскрытия и внешних деструктивных воздействий заключающийся в том, что моделируют развертывание распределенной сети связи вышестоящей системы управления, при этом моделируют: топологию сети связи, количество узлов и линий связи вышестоящей системы управления, количество точек доступа к узлам связи пунктов управления и единой сети электросвязи РФ (ЕСЭ РФ), функционирование точек доступа, количество объектов органов вышестоящего

управления, моделируют перемещение элементов сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления, моделируют использование вышестоящей системой управления телекоммуникационного ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ, моделируют определение используемого ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ, моделируют прогнозирование состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом динамики перемещения элементов сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления от одного положения к другому, моделируют применение сформированной распределенной сети связи вышестоящей системы управления по назначению, в случае необходимости, моделируют изменение структуры системы связи, моделируют процесс взаимодействия элементов сети связи вышестоящей системы управления с техническими средствами пунктов управления различных уровней управления, моделируют основные процессы управления: сбор, обработку и анализ данных о интенсивности и продолжительности предоставления телекоммуникационных услуг объектам органов вышестоящего управления, производят остановку процесса моделирования, согласно изобретению дополнен: перед моделированием прогнозирования состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом динамики перемещения элементов сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления от одного положения к другому моделируют процессы вскрытия и воздействия на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления со стороны злоумышленника, моделируют процессы сбора, обработки и анализа данных о степени воздействия злоумышленника на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления и динамике перемещения элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления, формируют набор статистических данных, моделируют прогнозирование количества элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления, которые могут выйти из строя в результате вскрытия и воздействий злоумышленника, моделируют прогнозирование состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом воздействий злоумышленника, после моделирования прогнозирования состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом динамики перемещения элементов сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления от одного положения к другому оценивают эффективность функционирования распределенной сети связи вышестоящей системы управления, в случае необходимости, моделируют структурно-функциональную реконфигурацию распределенной сети связи вышестоящей системы управления, при этом: определяют и рассчитывают структурно-топологические и структурно-функциональные показатели распределенной сети связи вышестоящей системы управления, определяют критически важные элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления, моделируют процесс разработки вариантов структурной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления, моделируют процесс выбора оптимального варианта структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления, моделируют параметрический синтез распределенной сети связи вышестоящей системы управления, оценивают эффективность функционирования сформированной распределенной сети связи вышестоящей системы управления, при необходимости производят корректировку исходных данных, сохраняют и документально оформляют результаты моделирования.

Проведенный анализ уровня техники позволил установить, что аналоги, характеризующиеся совокупностями признаков, тождественными всем признакам

заявленного способа, отсутствуют. Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию патентоспособности «новизна». Результаты поиска известных решений в данной и смежной областях техники с целью выявления признаков, совпадающих с отличительными от прототипов признаками заявленного изобретения, показали, что они не следуют явным образом из уровня техники.

Из определенного заявителем уровня техники не выявлена известность влияния предусматриваемых существенными признаками заявленного изобретения на достижение указанного технического результата. Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень».

«Промышленная применимость» способа обусловлена наличием элементной базы, на основе которой могут быть выполнены устройства, реализующие данный способ.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показана:

фиг. 1 - схема, поясняющая способ моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенных сетей связи вышестоящей системы управления в условиях вскрытия и внешних деструктивных воздействий.

фиг. 2 - схема, поясняющая порядок и особенности моделирования структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Реализовать заявленный способ можно в виде моделирующего алгоритма процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенной сети связи вышестоящей системы управления, представленного на фиг. 1.

В блоке 1 задают (вводят) исходные данные, необходимые для моделирования развертывания, функционирования и структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления в условиях вскрытия и внешних деструктивных воздействий злоумышленника, а именно: количество элементов (узлов связи) распределенной сети связи - $[2 \dots N]$, количество линий связи с учетом узлов связи ПУ и ЕСЭ РФ - $[1 \dots M]$, количество точек доступа к узлам связи ПУ и ЕСЭ - $[1 \dots m]$, среднее время функционирования точек доступа узлов связи ПУ и ЕСЭ - \bar{t}_{ij} ,

количество объектов органов вышестоящего управления - $[1 \dots p]$, координаты элементов распределенной сети связи N-ых групп соответственно по осям X и Y - $X_{\text{PCC}}^{(N)}$, $Y_{\text{PCC}}^{(N)}$ и

объектов органов вышестоящего управления (абонентов) - $X_{\text{аб}}$ и $Y_{\text{аб}}$, максимально и минимально возможное удаление элементов распределенной сети связи N-ых групп от места нахождения объекта (объектов) органов вышестоящего управления по оси X с учетом воздействующих факторов - $X_{\text{min}}^{(N)}$, $X_{\text{max}}^{(N)}$, максимально и минимально возможное удаление элементов распределенной сети связи от места нахождения объекта (объектов) органов вышестоящего управления по оси Y с учетом воздействующих факторов - $Y_{\text{min}}^{(N)}$,

$Y_{\text{max}}^{(N)}$, углы, определяющие местоположение элементов распределенной сети связи N-ых групп относительно друг друга - α , β , параметры движения элементов распределенной сети связи (объектов органов вышестоящего управления): скорость движения элемента распределенной сети связи (скорость перемещения объекта органов вышестоящего управления) - v , курсовой угол движения элемента распределенной сети связи (объекта органов вышестоящего управления) - Θ , время начала перемещения, общее и среднее время перемещения элемента распределенной сети связи (объекта органов вышестоящего управления) соответственно - t_0 , t , $t_{\text{ср}}$, территориальный разнос между i-м положением

перемещаемого элемента (объекта органов вышестоящего управления) распределенной сети связи и j -м положением взаимодействующих с этим элементом (объектом органов вышестоящего управления) других элементов (объектов органов вышестоящего управления) - R_{ij} , требуемое время своевременности обслуживания объектов органов вышестоящего управления - $t_{обсл}^{пр}$, требуемый объем телекоммуникационного ресурса - $V_{треб}$, требуемый набор предоставляемых телекоммуникационных услуг - $N_{усл.треб}$, требуемое время предоставления телекоммуникационных услуг - $T_{пред. усл. треб}$, предполагаемое количество средств вскрытия элементов распределенной сети связи - $N_{вскр}$, предполагаемое количество средств воздействия на элементы распределенной сети связи - $N_{возд}$, время квазистационарного состояния n -го элемента распределенной сети связи - $t_{ксл}$, время вскрытия n -го элемента распределенной сети связи - $t_{вскр\ n}$, время начала работы n -го элемента распределенной сети связи - $t_{н\ раб\ n}$, время окончания работы n -го элемента распределенной сети связи - $t_{о\ раб\ n}$, время воздействия на n -й элемент распределенной сети связи - $t_{возд\ n}$, время принятия решения на воздействия каждого n -го элемента распределенной сети связи - $t_{пр\ n}$, временной интервал, отведенный на структурно-функциональную реконфигурацию распределенной сети связи - $T_{рек} = (t_0, t_f)$.

В блоке 2 моделируют топологию распределенной сети связи вышестоящей системы управления - St .

При этом топология размещения элементов распределенной сети связи представлена с учетом нескольких N групп элементов. Для каждой группы элементов осуществляется генерация координат районов их размещения.

Первую группу составляют элементы распределенной сети связи, местоположения которых ограничены районами нахождения объектов органов вышестоящего управления. Представление их координат обеспечивается с помощью соотношений:

$$X_{PCC}^{(1)} = X_{min}^{(1)} + (X_{max}^{(1)} - X_{min}^{(1)})D_{0,1}, (1)$$

$$Y_{PCC}^{(1)} = Y_{min}^{(1)} + (Y_{max}^{(1)} - Y_{min}^{(1)})D_{0,1}, (2)$$

где $X_{PCC}^{(1)}$, $Y_{PCC}^{(1)}$ - координаты элемента распределенной сети связи соответственно по осям X и Y ;

$X_{max}^{(1)}$, $X_{min}^{(1)}$ - соответственно максимально и минимально возможное удаление элемента распределенной сети связи от места нахождения объекта (объектов) органов вышестоящего управления по оси X с учетом воздействующих факторов;

$Y_{max}^{(1)}$, $Y_{min}^{(1)}$ - соответственно максимально и минимально возможное удаление элемента распределенной сети связи от места нахождения объекта (объектов) органов вышестоящего управления по оси Y с учетом воздействующих факторов;

$D_{0,1}$ - случайное число, распределенное на интервале $(0,1)$, получаемое с помощью датчика случайных чисел.

Ко второй группе относятся элементы распределенной сети связи, координаты

которых зависят от положения элементов распределенной сети связи первой группы.

Имитация их районов размещения осуществляется с помощью выражений:

$$X_{\text{PCC}}^{(2)} = X_{\text{PCC}}^{(1)} + \cos \alpha \left[L_{\text{max}}^{(2)} + (L_{\text{max}}^{(2)} - L_{\text{min}}^{(2)}) D_{0,1} \right], \quad (3)$$

$$Y_{\text{PCC}}^{(2)} = Y_{\text{PCC}}^{(1)} + \sin \alpha \left[M_{\text{max}}^{(2)} + (M_{\text{max}}^{(2)} - M_{\text{min}}^{(2)}) D_{0,1} \right], \quad (4)$$

где $X_{\text{PCC}}^{(1)}$, $Y_{\text{PCC}}^{(1)}$ - координаты района развертывания элемента распределенной сети связи первой группы;

$L_{\text{max}}^{(2)}$, $L_{\text{min}}^{(2)}$ - соответственно максимально и минимально возможное удаление элемента распределенной сети связи второй группы от элемента распределенной сети связи первой группы по оси X;

$M_{\text{max}}^{(2)}$, $M_{\text{min}}^{(2)}$ - соответственно максимально и минимально возможное удаление элемента распределенной сети связи второй группы от элемента сети связи первой группы по оси Y;

α - угол, определяющий местоположение элемента распределенной сети связи второй группы относительно элемента сети связи первой группы.

Третью группу составляют элементы распределенной сети связи, местоположение которых коррелировано с координатами элементов распределенной сети связи второй группы.

N-ую группу составляют элементы распределенной сети связи, местоположение которых коррелировано с координатами элементов распределенной сети связи (N-1)-ой группы.

Имитация их районов размещения осуществляется с помощью выражений:

$$X_{\text{PCC}}^{(N)} = X_{\text{PCC}}^{(N-1)} + \cos \beta \left[L_{\text{max}}^{(N)} + (L_{\text{max}}^{(N)} - L_{\text{min}}^{(N)}) D_{0,1} \right], \quad (5)$$

$$Y_{\text{PCC}}^{(N)} = Y_{\text{PCC}}^{(N-1)} + \sin \beta \left[M_{\text{max}}^{(N)} + (M_{\text{max}}^{(N)} - M_{\text{min}}^{(N)}) D_{0,1} \right], \quad (6)$$

где $X_{\text{PCC}}^{(N-1)}$, $Y_{\text{PCC}}^{(N-1)}$ - координаты района развертывания элемента распределенной сети связи (N-1)-ой группы;

$L_{\text{max}}^{(N)}$, $L_{\text{min}}^{(N)}$ - соответственно максимально и минимально возможное удаление элемента распределенной сети связи N-ой группы от элемента распределенной сети связи (N-1)-ой группы по оси X;

$M_{\text{max}}^{(N)}$, $M_{\text{min}}^{(N)}$ - соответственно максимально и минимально возможное удаление элемента распределенной сети связи N-ой группы от элемента распределенной сети связи (N-1)-ой группы по оси Y;

β - угол, определяющий местоположение элемента распределенной сети связи N-ой группы относительно элемента распределенной сети связи (N-1)-ой группы.

Имитация координат размещения элементов распределенной сети связи всех групп осуществляется последовательно от групп с наименьшими номерами к группам с наибольшими номерами в порядке возрастания.

Структурно-топологическое построение сети связи и входящих в ее состав элементов предполагает ее представление количественными показателями через соответствующие параметры, а также описание состава, конфигурации и взаимосвязи отдельных элементов

(Основы построения систем и сетей передачи информации. Учебное пособие для вузов / В.В. Ломовицкий, А.И. Михайлов, К.В. Шестак, В.М. Щекотихин; под. ред. В.М. Щекотихина - М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 382 с., стр.57).

Структуры моделируемых сетей связи могут быть смоделированы с помощью имитаторов формальных математических моделей каналов связи, основанных на аппарате системных функций (Галкин А.П. и др. Моделирование каналов систем связи. - М.: Связь, 1979. - 96 с., стр. 40-52).

В блоке 3 моделируют функционирование (применение по назначению) распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Моделирование функционирования (применения по назначению) распределенной сети связи осуществляется следующим образом:

1. Моделируют взаимодействие элементов (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления с техническими средствами ПУ различных уровней управления, при этом:

- моделируют формирование управляющих команд объектов органов вышестоящего управления по линиям связи на ПУ различных уровней управления на применение технических средств на ПУ различных уровней управления (Основы теории управления в системах военного назначения. Часть 1. Учебное пособие. Е.А. Карпов и др. / Под редакцией А.Ю. Рунеева и И.В. Котенко. СПб.: ВУС, 2000. - 194 с., стр. 20-22);

- моделируют передачу управляющих команд на проведение мероприятий по противодействию: разведки злоумышленника, подавлению технических средств и всестороннего воздействия на технические средства распределенной сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления (Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие / В 3 томах. Том 3. -

Мультисервисные сети / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; под редакцией профессора В.П. Шувалова. - 2-е изд., стереотип. - М.: Горячая линия-телеком, 2015. - 592 с., стр. 229-255), (Гаранин М.В. и др. Системы и сети передачи информации: Учеб. пособие для ВУЗов. - М.: Радио и связь, 2001. - 336 с., стр. 11-12);

- моделируют процессы маскировки и защиты от подавления и всестороннего воздействия (Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. - М.: Российск. гос. гуманит. ун-т. - 2002 г., 399 с. стр. 20-25);

- моделируют доклад о выполнении управляющих команд (Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие / В 3 томах. Том 3. - Мультисервисные сети / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев; под редакцией профессора В.П. Шувалова. - 2-е изд., стереотип. - М.: Горячая линия-телеком, 2015. - 592 с., стр. 229-255), (Гаранин М.В. и др. Системы и сети передачи информации: Учеб. пособие для ВУЗов. - М.: Радио и связь, 2001. - 336 с., стр. 11-12).

2. Моделируют перемещение элементов (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления на ПУ различных уровней и объектов органов вышестоящего управления.

Моделирование перемещения элементов (узлов связи) распределенной сети связи осуществляется следующим образом:

2.1 Моделируют измерение изменяемых координат элементов (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Исходными данными для измерения изменяемых координат элементов распределенной сети связи X_{PCC} и Y_{PCC} (объектов органов вышестоящего управления $X_{аб}$ и $Y_{аб}$) являются параметры движения: скорость движения элемента распределенной

сети связи (скорость перемещения объекта органов вышестоящего управления) - v ; курсовой угол движения элемента распределенной сети связи (объекта органов вышестоящего управления), либо проекции вектора скорости - Θ :

$$v_x = v \cdot \cos \Theta \quad (7)$$

$$v_y = v \cdot \sin \Theta \quad (8)$$

Измерение изменяемых координат элементов системы связи производится по следующим формулам:

$$X_{\text{PCC}} = v_x t + X_{\text{PCC}}^{(t_0)}, \quad (9)$$

$$Y_{\text{PCC}} = v_y t + Y_{\text{PCC}}^{(t_0)}, \quad (10)$$

где t - время перемещения элемента распределенной сети связи;

$X_{\text{PCC}}^{(t_0)}$ и $Y_{\text{PCC}}^{(t_0)}$ - координаты последнего места размещения элемента распределенной сети связи.

Расчет изменяемых координат для объектов органов вышестоящего управления производится по следующим формулам:

$$X_{\text{аб}} = v_x t + X_{\text{аб}}^{(t_0)}, \quad (11)$$

$$Y_{\text{аб}} = v_y t + Y_{\text{аб}}^{(t_0)}, \quad (12)$$

где t_0 - время начала перемещения объекта органов вышестоящего управления;

$X_{\text{аб}}^{(t_0)}$, $Y_{\text{аб}}^{(t_0)}$ - координаты начального местоположения объекта органов вышестоящего управления.

2.2 Моделируют выбор координат района развертывания перемещаемого элемента (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления на ПУ различных уровней и объектов органов вышестоящего управления.

Процедура выбора координат района развертывания перемещаемого элемента (объектов органов вышестоящего управления) системы связи носит итерационный характер. Правило останова процедуры выбора координат использует критерий:

$$R_{ij} \geq R_{\max} \Big|_{t_{\text{обсл}} \leq t_{\text{обсл}}^{\text{тр}}}, \quad (13)$$

где R_{ij} - территориальный разнос между i -м положением перемещаемого элемента (объекта органов вышестоящего управления) распределенной сети связи и j -м положением взаимодействующих с этим элементом (объектом органов вышестоящего управления) других элементов (объектов органов вышестоящего управления);

R_{\max} - максимально возможный территориальный разнос;

$t_{\text{обсл}}$ - время своевременности обслуживания объектов органов вышестоящего управления;

$t_{\text{обсл}}^{\text{тр}}$ - требуемое время своевременности обслуживания объектов органов вышестоящего управления.

Порядок и особенности моделирования процесса перемещения сил и средств описан в книге Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. М.: Военное издательство Министерства Обороны СССР, 1970. - 256 с., стр. 107-114.

3. Моделируют использование ресурса системы связи ПУ различных уровней и ЕСЭ

РФ в процессе функционирования. Одним из основных показателей ресурса системы связи ПУ и ЕСЭ РФ является пропускная способность.

Требования к пропускной способности узла и линии связи задаются количеством сообщений (λ) определенного объема (V) для различных видов связи, которые необходимо передать на каждом из направлений связи с учетом требований по своевременности обслуживания органов вышестоящего управления (Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. Том 1. Современные технологии / Под ред. Профессора В.П. Шувалова. - М.: «Горячая линия», 2004. - 647 с.).

В блоке 4 моделируют процессы вскрытия и воздействия на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления со стороны злоумышленника.

Вероятность принятия решения злоумышленником на применение средств поражения по элементам распределенной сети связи зависит от степени их вскрытия разведкой. Вскрытие элементов распределенной сети связи может осуществляться по данным различных видов разведки: радиоразведки (РР), радиотехнической (РТР), радиолокационной (РЛР), оптико-электронной (ОЭР), инфракрасной (ИКР) и др. (Ю.К. Меньшаков Защита объектов и информации от технических средств разведки. Учебное пособие. М.: Российский государственный гуманитарный университет, 2002. - 399 с., стр. 15-75).

Обобщенный алгоритм вскрытия технических средств (объектов) описан в учебном пособии Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания: Учебное пособие для вузов. - 2-е издание, переработанное и дополненное. - М.: Высшая школа, 1984. - 208 с.: ил. стр. 123-146.

Обобщенный алгоритм включает в себя следующие этапы:

1. Определение источников излучений (технических средств, объектов) и их местоположения.
2. Выделение первичных признаков (реквизиты демаскирующих признаков) и идентификация типа технического средства (объекта).
3. Группирование идентифицированных технических средств в более сложные объекты (группы, классы) с учетом их места нахождения и наличия структурных связей в системе.
4. Формирование группового «портрета» технических средств (объектов) в информационном поле радиоразведки на основании полученных признаков.
5. Сопоставление группового «портрета» технических средств (объектов) с известными описаниями элементов системы и расчет меры сходства.
6. На основании полученных расчетов и определенных правил, принятие решения об отнесении заданного технического средства (объекта) к определенному элементу системы.

Особенности построения и порядок функционирования системы вскрытия технических средств и объектов описан в учебнике Осипов А.С. Военно-техническая подготовка. Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП: учебник / А.С. Осипов; под науч. ред. Е.Н. Гарина. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. - 344 с., стр. 322-325.

При оценке процессов функционирования элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления в условиях вскрытия злоумышленником используют обобщенные показатели разведзащищенности: вероятность вскрытия - $P_{\text{вскр } n}$ радиоразведкой противника n -го элемента распределенной сети связи течение времени,

не превышающего допустимое, и продолжительность вскрытия - $t_{\text{вскр } n}$ n -го элемента распределенной сети связи. Исходя из комплексного подхода злоумышленника к ведению разведки вероятность вскрытия n -го элемента распределенной сети связи за

5 время $t_{\text{вскр } n}$ может быть определена в соответствии с выражением:

$$P_{\text{вскр } n}(t_{\text{вскр } n}) = P_{\text{обн } n}(t_{\text{вскр } n}) P_{\text{мп } n}(t_{\text{вскр } n}) P_{\text{расп } n}(t_{\text{вскр } n}), \quad (14)$$

где $P_{\text{вскр } n}(t_{\text{вскр } n})$ - вероятность вскрытия n -го элемента распределенной сети связи за

10 время $t_{\text{вскр } n}$;

$P_{\text{обн } n}(t_{\text{вскр } n})$ - вероятность обнаружения любым видом разведки злоумышленника n -го элемента распределенной сети связи за время $t_{\text{вскр } n}$;

15 $P_{\text{мп } n}(t_{\text{вскр } n})$ - вероятность определения местоположения n -го элемента распределенной сети связи за время $t_{\text{вскр } n}$ с точностью, необходимой для применения внешних воздействий;

20 $P_{\text{расп } n}(t_{\text{вскр } n})$ - вероятность опознавания n -го элемента распределенной сети связи по совокупности демаскирующих признаков, выявленных за время $t_{\text{вскр } n}$.

Порядок расчета и оценки показателей разведзащищенности описан в следующих источниках: 1. Ануреев И.И., Татарченко А.Е. Применение математических методов в военном деле. - М.: ВИ МО СССР, 1967. - 243 с., стр. 173-175; 2. Чуев Ю.П. и др.
25 Основы исследования операций в военной технике. - М.: Советское радио, 1965. - 591 с., стр. 63-73; 3. Хорев А.А. Теоретические основы оценки возможностей технических средств разведки. - М.: МО РФ, 2000. - 255 с.; 4. Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки - М.: Российск. гос. гуманит. ун-т, 2002. - 399 с., стр. 78-116. 5. В.Г. Иванов, С.А. Панихидников Монографии «Теория и практика
30 построения технической основы системы управления специального назначения»: [монография] / В.Г. Иванов, С.А. Панихидников; СПбГУТ. - СПб., 2016. - 184 с., стр. 138-141.

Моделирование внешних деструктивных воздействий осуществляется с использованием известных методов генерации (имитации), зависящих от вида
35 распределения разыгрываемых величин, характеризующих математические ожидания времени возникновения внешних воздействий (см. Имитационное моделирование средств и комплексов связи и автоматизации. Иванов Е.В. СПб.: ВАС, 1992. стр. 9-18).

В нашем случае основными видами внешних деструктивных воздействий, используемых для моделирования, являются: огневое воздействие и информационно-
40 техническое воздействие. При этом, в зависимости от выбранного внешнего воздействия, при моделировании могут использоваться следующие методы генерации (розыгрыша) случайных величин (см. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: Учеб. пособие. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 368 с.): метод розыгрыша случайных чисел для дискретных равномерных распределений; метод розыгрыша
45 случайных чисел для дискретных неравномерных распределений; метод розыгрыша случайных чисел для непрерывных равномерных распределений; метод розыгрыша случайных чисел для непрерывных неравномерных распределений.

Основные виды и особенности использования средств огневого поражения описаны

в книгах: 1. А.В. Бабкин, В.А. Велданов Средства поражения и боеприпасы: Учебник / А.В. Бабкин и др.; Под общ. ред. В.В.Селиванова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 984 с.: ил. 2. И.А. Балаганский, Л.А. Мерзневский Действие средств поражения и боеприпасов: Учебник. - Новосибирск: издательство НГТУ. - 2004. - 408 с. 3.

- 5 Боеприпасы : учебник : в 2 т. / под общей ред. В.В. Селиванова. - Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.

Основные виды и особенности использования средств информационно-технического воздействия описаны в книге Гриняев С.Н. Поле битвы - киберпространство. Теория, приемы, средства, методы и системы ведения информационной войны. М.: издательство Харвест, 2004. - 426с., стр. 109-112.

Порядок и особенности моделирования огневых воздействий описан в книге Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. М.: Военное издательство Министерства Обороны СССР, 1970. - 256 с., стр. 88-103.

Особенности моделирования информационно-технических воздействий описаны в 15 книге Д.А. Губанов, Д.А. Новиков Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: Издательство физико-математической литературы, 2010. - 228 с., стр. 196.

В блоке 5 моделируют процессы сбора, обработки и анализа данных о: степени воздействия злоумышленника на элементы распределенной сети связи вышестоящей 20 системы управления, динамике перемещения элементов (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления, а так же интенсивности и продолжительности предоставления телекоммуникационных услуг (используемом ресурсе) объектам органов вышестоящего управления.

1. Оценка степени воздействия злоумышленника на элементы распределенной сети 25 связи вышестоящей системы управления осуществляется с учетом его возможностей по их вскрытию.

1.1 Оценка возможностей злоумышленника по вскрытию элементов распределенной сети связи осуществляется следующим образом.

В общем случае требования к разведывательной защищенности элементов 30 распределенной сети связи заключаются в том, чтобы продолжительность времени вскрытия элементов распределенной сети связи было не меньше допустимого при значении вероятности этого вскрытия, не превышающего допустимое значение. Оценка возможностей злоумышленника по вскрытию элементов распределенной сети связи осуществляется на основании выполнения следующих условий:

35
$$t_{\text{вскр } n} \leq t_{\text{ксс } n}, \quad (15)$$

$$t_{\text{вскр } n} + t_{\text{вскр } n-1} \leq t_{\text{ксс } n} + (t_{\text{н раб } n} - t_{\text{о раб } n-1}), \quad (16)$$

где $t_{\text{вскр } n}$ - время вскрытия n-го элемента распределенной сети связи;

40 $t_{\text{ксс } n}$ - время квазистационарного состояния n-го элемента распределенной сети связи;

$t_{\text{н раб } n}$ - время начала работы n-го элемента распределенной сети связи;

45 $t_{\text{о раб } n}$ - время окончания работы n-го элемента распределенной сети связи.

Если условие 15 не выполнено, то злоумышленник не успел вскрыть элементы распределенной сети связи, если условие 16 не выполнено, то у злоумышленника нет средств для вскрытия элементов распределенной сети связи; при выполнении условий 15 и 16 элемент распределенной сети связи считается вскрытым.

1.2 Оценка возможностей злоумышленника по воздействию на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления осуществляется на основании выполнения следующего условия:

$$t_{исс\ n} - (t_{искр\ n} + t_{пр\ n}) \geq t_{возд\ n}, \quad (17)$$

где $t_{пр\ n}$ - время принятия решения на воздействия каждого n-го элемента распределенной сети связи;

$t_{возд\ n}$ - время воздействия на n-ый элемент распределенной сети связи.

Если условие 17 не выполнено, то злоумышленник не успел воздействовать на элементы распределенной сети связи, при выполнении условия 19 элемент распределенной сети связи считается подвергнутым воздействию.

2. Оценка динамики перемещения элементов (узлов связи) распределенной сети связи вышестоящей системы управления осуществляется с учетом времени их перемещения от одного положения к другому, определяемого по формуле:

$$t_{пер} = t_{ср} \cdot D_{0,1}, \quad (18)$$

где $t_{ср}$ - среднее значение времени перемещения элемента распределенной сети связи от одного положения к другому;

$D_{0,1}$ - случайное число, распределенное на интервале (0,1), которое получается с помощью датчика случайных чисел.

Порядок и особенности перемещения (передвижения) элементов (узлов связи) описаны в следующей литературе: 1. Тактика / В.Г. Резниченко, И.Н. Воробьев, Н.Ф. Мирошниченко и др., Под. ред. В.Г. Резниченко - М.: Воениздат, 1984. - 271 с., стр. 222-267. 2. Учебник сержанта войск связи. М.: Военное издательство. Министерство обороны РФ, 2004. - 574 с., стр. 80-83. 3. Градусов, Р.А. Организация и структура полевых узлов связи объединения : учеб.- метод. пособие / Р.А. Градусов, С.Н. Касанин. - Минск: БГУИР, 2012. - 119 с., стр. 89-90.

3. Оценка интенсивности и продолжительности предоставления телекоммуникационных услуг (используемый ресурс) объектам органов вышестоящего управления определяется с учетом анализа используемого ресурса ЕСЭ РФ.

При этом измеряют: основные характеристики передаваемых элементами распределенной сети связи и абонентами потоков информации, интенсивность выхода элементов распределенной сети связи и абонентов в связь, количество и длительность сеансов связи, определяют виды и измеряют продолжительность предоставляемых телекоммуникационных услуг. Под характеристиками передаваемых потоков информации, определяемыми средой распространения сигналов, видами электросвязи и отражающими расположение и состояние элементов распределенной сети связи (абонентов) понимаются (Гаранин М.В. и др. Системы и сети передачи информации: Учеб. пособие для ВУЗов. - М.: Радио и связь, 2001. - 336 с., стр. 11-12):

- пространственно-поляризационные и энергетические характеристики передаваемых сигналов;

- используемые рабочие частоты (диапазон частот) и спектральные характеристики передаваемых несущих (аналоговых) сигналов;

- характеристики структуры передаваемых потоков данных, используемые протоколы передачи данных, служебные протоколы (управления, диагностические и др.), прикладные службы (сервисы) обмена данными;

- идентификационные сигналы и информация (сообщения, данные) абонентов;

- служебные (управляющие, диагностические и др.) сигналы и информация (сообщения, данные) элементов разнородных сетей связи.

Проводимые измерения, позволяют произвести оценку индивидуальных особенностей использования элементами распределенной сети связи и абонентами предоставляемого телекоммуникационного ресурса.

Кроме того, определяют возможность привязки элементов распределенной сети связи и абонентов к узлам (точкам) доступа ЕСЭ в конкретных районах размещения и при смене местоположений, с учетом требуемого набора предоставляемых телекоммуникационных услуг и характера выполняемых задач.

Телекоммуникационные услуги включают услуги магистральных транспортных сетей и высокоскоростных сетей передачи данных, услуги сетей передачи данных, услуги мобильной связи. Эти услуги обеспечивают передачу различных видов информации (речь, данные, видеоизображения и т.п.), сопряжение между разнотипным оконечным оборудованием, сервисное обслуживание пользователей (Битнер В.И. Нормирование качества телекоммуникационных услуг: Учебное пособие. / Под ред. профессора В.П. Шувалова, Битнер В.И., Попов Г.Н. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 312 с.).

По результатам сбора, обработки и анализа полученной информации формируют набор статистических данных. Порядок и особенности работы со статистическими данными описан учебнике Орлов А.И. Прикладная статистика. Учебник. / А.И.Орлов.

- М.: Издательство «Экзамен», 2004. - 656 с.

Порядок формирования и использования статистических данных в условиях применения и управления силами и средствами описан в учебнике Иволгин Н.С. Исследование операций. Ч. 1. СПб.: Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова, 1999. - 366 с., стр. 176-180.

В блоке 6 с учетом полученного набора статистических данных моделируют прогнозирование количества элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления, которые могут выйти из строя в результате вскрытия и воздействий злоумышленника, а так же состояние ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом воздействий злоумышленника и динамики перемещения элементов (узлов связи) распределенной сети связи и объектов органов вышестоящего управления от одного положения к другому.

Особенности моделирования процесса прогнозирования применительно к военной сфере деятельности описаны в книге Чуев Ю.В., Михайлов Ю.Б. Прогнозирование в военном деле. М., Воениздат, 1975. - 279 с., стр. 137-271.

При этом техническая реализация процесса прогнозирования известна в виде технических устройств из широкого круга технической литературы: 1. Рабочая книга по прогнозированию/ И.В. Бестужев-Лада. - М.: Мысль, 1982. - 430 с., стр. 281-293. 2. Технические средства диагностирования: Справочник / В.В. Клюев, П.П. Пархоменко, В.Е. Абрамчук и др.; Под общ. Ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1989. - 672 с., ил. - стр.158-159, рис. 17. 3. Гаскаров Д.В., Голинкевич Т.А., Мозгалеvский А.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. М.: Сов. радио, 1974. - 224 с.

Результаты прогнозирования представляются в удобном для использования виде: таблицы, графики, массивы данных (Романова Ю.Д. Информатика и информационные технологии. Конспект лекций: учеб. пособие / Ю.Д. Романова, И.Г. Лесничая. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Эксмо, 2009. - 320 с., стр. 116, 174).

В блоке 7 с учетом результатов прогнозирования оценивают эффективность функционирования распределенной сети связи вышестоящей системы управления (А.В.

Боговик, В.В. Игнатов Эффективность систем военной связи и методы ее оценки. - СПб.: ВАС, 2006. - 183 с., стр. 37-61).

Оценка эффективности функционирования распределенной сети связи производится с учетом: требуемого объема телекоммуникационного ресурса - $V_{\min} \geq V_{\text{треб}}$, требуемого набора предоставляемых телекоммуникационных услуг - $N_{\text{усл}} \geq N_{\text{усл. треб}}$ и времени их предоставления - $T_{\text{пред. усл}} \geq T_{\text{пред. усл. треб}}$.

В случае, если объекты органов вышестоящего управления удовлетворены требуемым набором, качеством и своевременностью предоставляемых телекоммуникационных услуг, то переходят к блоку 12, где осуществляется проверка окончания модельного (системного) времени. В случае если модельное (системное) время не закончилось, управление передается блоку 3, где осуществляется дальнейшее моделирование функционирования (применения по назначению) распределенной сети связи вышестоящей системы управления, если модельное (системное) время закончилось, то производят остановку процесса моделирования.

Если же структура распределенной сети связи не обеспечивает объекты органов вышестоящего управления требуемым набором телекоммуникационных услуг или объекты органов вышестоящего управления не удовлетворены своевременностью и качеством предоставляемых телекоммуникационных услуг, осуществляется переход к блоку 8, где осуществляется моделирование структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Порядок работы блока 8 следующий (фиг. 2).

В блоке 8.1 определяют и рассчитывают структурно-топологические и структурно-функциональные показатели распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

К структурно-топологическим (статическим) показателям относятся: структурная живучесть (надежность), структурно-топологические свойства, связность и т.д.:

$$F_h(S_v), h \in \hat{H}_{str} \subseteq \hat{H}, \quad (19)$$

К структурно-функциональным (динамическим) показателям относятся: функциональная живучесть (надежность), производительность, удельная пропускная способность, расходуемые ресурсы и т.д.:

$$F_h(S_v), h \in \hat{H}_{fun} \subseteq \hat{H}, \quad (20)$$

где $S = \{S_v, v=1, 2, \dots, I\}$ - множество структурных состояний распределенной сети связи в процессе реконфигурации;

$F_h(S_v), h=1, 2, \dots, H$ - значения частных показателей элементов распределенной сети связи в каждом из структурных состояний.

Совокупность частных показателей элементов распределенной сети связи в каждом из структурных состояний будет определяться выражением:

$$F(S_v) = (F_1(S_v), F_2(S_v), \dots, F_h(S_v), \dots, F_H(S_v)), h \in \hat{H} = \{1, 2, \dots, H\}. \quad (21)$$

Порядок и особенности расчета показателей живучести (надежности) систем управления и сетей описаны в книгах: 1. Величко В.В., Попков Г.В., Попков В.К. Модели и методы повышения живучести современных систем связи. - М.: Горячая линия - Телеком, 2014. - 270 с., ил. стр. 9-14. 2. ГОСТ Р 53111-2008 устойчивость

функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки. М.: Стандартинформ, 2009 г. 3. Шкляр В.Н. Надежность систем управления: учебное пособие / В.Н. Шкляр. Томский политехнический университет. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. - 126 с., стр. 11-28.

5 В блоке 8.2 с учетом рассчитанных структурно-топологических и структурно-функциональных показателей определяют критически важные элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления, которые играют ключевую роль в обеспечении надежности, безопасности и живучести распределенной сети связи.

10 Для выявления критически важных элементов распределенной сети связи определяют и рассчитывают показатели критичности отказов (выхода из строя) основными из которых являются: устойчивость элемента распределенной сети связи к воздействию внешних неблагоприятных факторов (живучесть), возможность резервирования элемента распределенной сети связи, возможность контроля (мониторинга) состояния элемента распределенной сети связи; возможность восстановления элемента распределенной

15 сети связи и др. Полученное множество показателей критичности отказов имеет вид:

$$F = \{f_i, i \in K\}, \quad (22)$$

20 где $f_i, i \in K = \{1, 2, \dots, k\}$ - частные показатели критичности отказов элементов распределенной сети связи.

Порядок и особенности анализа видов, последствий и критичности отказов элементов сложных систем описаны в следующих источниках: 1. ГОСТ 27.310-95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. - М.: ИПК издательство стандартов, 1998. - 12 с. 2. ГОСТ Р 51901.12-2007 Менеджмент

25 риска. Метод анализа видов и последствий отказов. - М.: Стандартинформ, 2008. - 35 с. 3. МЭК 60812:2006 «Методы анализа надежности систем. Метод анализа видов и последствий отказов». В блоке 8.3 с учетом критичности отказов элементов распределенной сети связи

30 моделируют процесс разработки вариантов структурной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Задача разработки вариантов структурной реконфигурации распределенной сети связи представляет собой оптимизационную задачу следующего вида:

$$35 \sum_{i=1}^N D(\{F_h(S_{t-1} + \delta S_t), h \in \hat{H}_{str}\}) \rightarrow \min_{\substack{\delta S_t \in V \\ i=1,2,\dots,N \\ S_N=S_f}}, \quad (23)$$

где S_t - структура распределенной сети связи;

40 δS_t - изменения (вариации) структуры распределенной сети связи, принадлежащие заданному множеству допустимых вариаций $\delta S_t \in V$;

$F_h(S_t), h \in \hat{H}_{str} \subseteq \hat{H}$ - множество структурно-топологических показателей элементов распределенной сети связи;

45 D - согласующее правило, используя которое можно перейти к задаче однокритериального оценивания качества структурных изменений распределенной сети связи: $D(\{F_h(S_t), h \in \hat{H}_{str}\}) \rightarrow \min$;

$S_t = S_{t-1} + \delta S_t, i = 1, 2, \dots, N$ - поэтапный процесс реконфигурации структуры

распределенной сети связи, обеспечивающий трансформацию структуры St , которая переводится из начального состояния - St_0 в некоторое финальное структурное состояние - St_f .

- 5 Порядок и особенности структурной реконфигурации сложных объектов описаны в следующих источниках: 1. Филин Б.П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. - М.: Радио и связь, 1988. - 208 с.: ил., стр. 160-175. 2. Охтилев М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов / М.Ю. Охтилев, Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов. - М. :
10 Наука, 2006. - 410 с., стр. 174-205. 3. Павлов, А.Н. Структурная реконфигурации сложных объектов / А.Н. Павлов, В.А. Зеленцов, А.Ю. Кулаков // Надежность и качество: труды международного симпозиума (РФ, Пенза, 21-31 мая 2012 г.). - Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. - т. 1. - С. 146-148. 2.

- 15 В блоке 8.4 моделируют процесс выбора оптимального варианта структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Процесс выбора оптимального варианта структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи может быть представлен в виде теоретико-множественной модели:

$$20 \left(St(v), \Delta, v, T_{\text{рек}}, \{r_i(v)\}_{i \in K}, \{p_i(v)\}_{i \in K} \right), (24)$$

где $St(v)$ - исходная структура распределенной сети связи;

- 25 Δ - множество альтернатив (вариантов структурной реконфигурации распределенной сети связи);

$v = 1, 2, \dots, l$ - количество промежуточных структурных состояний распределенной сети связи.

- 30 $T_{\text{рек}} = (t_0, t_f)$ - временной интервал, отведенный на структурно-функциональную реконфигурацию распределенной сети связи;

- 35 $\{r_i(v)\}_{i \in K}$ - пространственно-временные, технические, технологические и организационные особенности, связанные с условиями функционирования распределенной сети связи, используемыми методами (методиками, технологиями) моделирования, используемыми средствами автоматизации и обработки данных, наличием ресурса (человеческого, временного и финансового) и др.;

$\{p_i(v)\}_{i \in K}$ - параметры выбора оптимального варианта структурно-функциональной реконфигурации, задаваемые с учетом рассчитанных структурно-функциональных показателей распределенной сети связи.

- 40 С учетом выражения 24 задача выбора оптимального варианта структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи сводится к задаче определения множества наилучших альтернатив при определенных условиях функционирования.

- 45 Для обеспечения требуемого уровня работоспособности выбранного варианта структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи в динамически изменяющихся условиях требуется, с одной стороны, минимизировать постоянные расходы на поддержание функционирования распределенной сети связи в процессе реконфигурации, а с другой стороны, достичь наилучшего целевого эффекта

(эффективности функционирования).

Порядок и особенности структурно-функциональной реконфигурации сложных систем описаны в следующих источниках: 1. Тарасов, А.А. Методы функциональной реконфигурации отказо-устойчивых систем / А.А. Тарасов // Надежность. - 2002. - № 2. - С. 29-35. 2. Москвин, Б.В. Комбинированные модели управления структурной динамикой сложных технических объектов / Б.В. Москвин, Е.П. Михайлов, А.Н. Павлов, Б.В. Соколов // Известия Вузов. Приборостроение. - 2006. - том №49, №11. - С. 8-12.

В блоке 8.5 с учетом выбранного варианта структурно-функциональной реконфигурации моделируют параметрический синтез распределенной сети связи вышестоящей системы управления.

Параметрический синтез распределенной сети связи осуществляется с целью обоснования характеристик элементов распределенной сети связи и связей между ними, обеспечивающих эффективность функционирования распределенной сети связи с учетом выбранного варианта структурно-функциональной реконфигурации.

Порядок и особенности синтеза сложных систем описаны в следующих источниках: 1. Балашов, Е.П. Эволюционный синтез систем / Е.П. Балашов. - М.: Радио и связь, 1985. - 328 с., стр. 31-43, 132-150. 2. Цвиркун, А.Д. Структура сложных систем / А.Д. Цвиркун. - М.: Радио и связь, 1975. - 200 с., стр. 41-147. 3. Цвиркун, А.Д. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем: Оптимизационно-имитационный подход / А.Д. Цвиркун, В.И. Акинфиев, В.А. Филимонов. - М.: Наука, 1985. - 176 с., стр. 74-118.

В блоке 9 оценивают эффективность функционирования сформированной распределенной сети связи вышестоящей системы управления. Порядок и особенности оценки эффективности функционирования сформированной распределенной сети связи подробно рассмотрен при описании блока 7.

В случае если сформированная распределенная сеть связи не обеспечивает объекты органов вышестоящего управления требуемым набором телекоммуникационных услуг или объекты органов вышестоящего управления не удовлетворены своевременностью и качеством предоставляемых телекоммуникационных услуг, осуществляется переход к блоку 10, где проверяется потребность в корректировке исходных данных.

В случае необходимости корректировки исходных данных управление передается блоку 1, в котором осуществляется корректировка исходных данных. В случае если корректировка исходных данных не требуется, осуществляется возврат к блоку 8, где осуществляется дальнейшее моделирование структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления, исходя из предъявляемых к ней требований.

Если же объекты органов вышестоящего управления удовлетворены требуемым набором, качеством и своевременностью предоставляемых телекоммуникационных услуг, то переходят к блоку 11, где осуществляется сохранение и документальное оформление результатов моделирования.

Результаты моделирования сохраняются в удобном для пользователя виде (таблицы, графики, массивы данных), которые записываются в базу данных. Порядок хранения используемой информации, а так же особенности построения и функционирования баз данных описаны в учебном пособии Романова Ю.Д. Информатика и информационные технологии. Конспект лекций: учеб. пособие / Ю.Д. Романова, И.Г. Лесничая. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Эксмо, 2009.- 320 с., стр. 246-284.

Документальное оформление результатов моделирования заключается в разработке различных документов, схем, карт и т.п. в которых устанавливается последовательность,

способы и время выполнения поставленных задач в рамках структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи (1. П.К. Алтухов, И.А. Афонский и др. Основы теории управления войсками. / Под ред. Алтухова П.К. - М.: Воениздат, 1984. - 221 с., стр. 17, 137-141. Военный энциклопедический словарь. - М.: Издательский дом "Оникс 21 век", 2002. - 1432 с., стр. 1104, 1128 2. Основы теории управления в системах военного назначения. Часть 1. Учебное пособие. Е.А. Карпов, И.В. Котенко / Под редакцией А.Ю. Рунеева. Спб.: ВУС, 2000. - 194 с., стр. 134, 168).

После сохранения и документального оформления результатов моделирования переходят к блоку 12, где осуществляется проверка окончания модельного (системного) времени. В случае если модельное (системное) время не закончилось, управление передается блоку 3, где осуществляется дальнейшее моделирование функционирования (применения по назначению) распределенной сети связи вышестоящей системы управления, если модельное (системное) время закончилось, то производят остановку процесса моделирования.

Подробное описание понятия системного (модельного) времени представлено в книге Р. Шеннон «Имитационное моделирование систем - искусство и наука». - М.: Изд-во «Мир», 1978. С. 136-142.

Оценка эффективности предлагаемого способа проводилась путем сравнения достоверности моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенной сети связи вышестоящей системы управления для способ-прототипа и предлагаемого способа.

Из формулы 25 (Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. - 1988 г., 480 с., стр. 463):

$$P(|p_{\text{ом}} - p_{\text{ом}}^*| < \varepsilon) = 2\Phi\left(\frac{\varepsilon\sqrt{N}}{\sqrt{p_{\text{ом}}^* \cdot (1 - p_{\text{ом}}^*)}}\right), \quad (25)$$

где Φ - функция Лапласа;

$p_{\text{ом}}$ - реальное значение оценки;

$p_{\text{ом}}^*$ - требуемое значение оценки;

ε - величина доверительного интервала;

N - количество моделируемых событий, причем:

$$N = k \cdot n, \quad (26)$$

где k - число материальных действий;

n - число реализаций материальных действий.

Определим достоверность моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенной сети связи вышестоящей системы управления принимая:

$$D = P(|p_{\text{ом}} - p_{\text{ом}}^*| < \varepsilon) = 2\Phi\left(\frac{\varepsilon\sqrt{N}}{\sqrt{p_{\text{ом}}^* \cdot (1 - p_{\text{ом}}^*)}}\right). \quad (27)$$

Перейдем от функции Лапласа к ее аргументу (Имитационное моделирование средств и комплексов связи и автоматизации. Иванов Е.В. СПб.: ВАС, 1992, 206 с., стр. 14):

$$t_{\alpha} = \frac{\varepsilon\sqrt{N}}{\sqrt{p_{\text{ом}}^* \cdot (1 - p_{\text{ом}}^*)}}. \quad (28)$$

Данное значение аргумента функции Лапласа можно представить в следующем виде:

$$t_{\alpha}^2 = \frac{\varepsilon^2 N}{p_{\text{ом}}^* \cdot (1 - p_{\text{ом}}^*)} \cdot (29)$$

Для случая, когда $p_{\text{ом}}; p_{\text{ом}}^*$ вычислить не удастся, можно воспользоваться упрощенной формулой для наихудшего случая $p_{\text{ом}} = p_{\text{ом}}^* = 0,5$.

Тогда:

$$t_{\alpha}^2 = 4\varepsilon^2 N \cdot (30)$$

Определим приращения аргументов функции Лапласа для способа-прототипа и предлагаемого способа при выполнении требований к числу реализаций, обеспечивающих требуемую точность и надежность получаемых результатов - $t_{\alpha 1}^2$ и

$t_{\alpha 2}^2$, принимая $\varepsilon = 0,05$, а $k=6$, $n = 1000$ для каждого материального действия, тогда

$N = 6000$ для прототипа при моделировании процессов: а) формирования структуры и топологии, б) перемещения элементов сети связи, в) определение используемого ресурса, г) применения развернутой сети связи, д) взаимодействия элементов сети связи, е) основных процессы управления и $k=11$, $n = 1000$ для каждого материального действия, тогда $N = 11000$ для предлагаемого способа дополнительно к функциям прототипа при моделировании процессов: ж) вскрытия и воздействия на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления со стороны злоумышленника, з) сбора, обработки и анализа статистических данных о степени воздействия злоумышленника на элементы сети связи и динамике перемещения ее элементов, и) прогнозирования количества элементов сети связи, которые могут выйти из строя в результате вскрытия и воздействий злоумышленника, к) прогнозирования состояния ресурса системы связи ПУ и ЕСЭ РФ с учетом воздействий злоумышленника, л) структурно-функциональной реконфигурации сети связи:

$$t_{\alpha 1} = 2 \cdot 0,05 \cdot \sqrt{6000} = 7,75 \cdot (31)$$

$$t_{\alpha 2} = 2 \cdot 0,05 \cdot \sqrt{11000} = 10,5 \cdot (32)$$

Оценка эффективности заявленного способа:

$$\Xi = \left| \frac{t_{\alpha 1} - t_{\alpha 2}}{t_{\alpha 2}} \right| \cdot 100 \%, (33)$$

$$\Xi = \left| \frac{7,75 - 10,5}{10,5} \right| \cdot 100 \approx 26\%$$

Таким образом, эффективность заявленного способа по сравнению со способом - прототипом составляет 26%, чем и решается техническая проблема.

(57) Формула изобретения

Способ моделирования процессов обоснования требуемого уровня живучести распределенных сетей связи вышестоящей системы управления в условиях вскрытия и внешних деструктивных воздействий, заключающийся в том, что моделируют развертывание распределенной сети связи вышестоящей системы управления, при этом моделируют: топологию сети связи, количество узлов и линий связи вышестоящей системы управления, количество точек доступа к узлам связи пунктов управления и единой сети электросвязи РФ (ЕСЭ РФ), функционирование точек доступа, количество объектов органов вышестоящего управления, моделируют перемещение элементов сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего

управления, моделируют использование вышестоящей системой управления телекоммуникационного ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ, моделируют определение используемого ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ, моделируют прогнозирование состояния ресурса системы связи пунктов

5 управления и ЕСЭ РФ с учетом динамики перемещения элементов сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления от одного положения к другому, моделируют применение сформированной распределенной сети связи вышестоящей системы управления по назначению, в случае необходимости, моделируют изменение структуры системы связи, моделируют процесс взаимодействия

10 элементов сети связи вышестоящей системы управления с техническими средствами пунктов управления различных уровней управления, моделируют основные процессы управления: сбор, обработку и анализ данных об интенсивности и продолжительности предоставления телекоммуникационных услуг объектам органов вышестоящего управления, производят остановку процесса моделирования, отличающийся тем, что

15 перед моделированием прогнозирования состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом динамики перемещения элементов сети связи вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления от одного положения к другому моделируют процессы вскрытия и воздействия на элементы

20 распределенной сети связи вышестоящей системы управления со стороны злоумышленника, моделируют процессы сбора, обработки и анализа данных о степени воздействия злоумышленника на элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления и динамике перемещения элементов распределенной сети связи вышестоящей системы управления, формируют набор статистических данных, моделируют прогнозирование количества элементов распределенной сети связи

25 вышестоящей системы управления, которые могут выйти из строя в результате вскрытия и воздействий злоумышленника, моделируют прогнозирование состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом воздействий злоумышленника, после моделирования прогнозирования состояния ресурса системы связи пунктов управления и ЕСЭ РФ с учетом динамики перемещения элементов сети связи

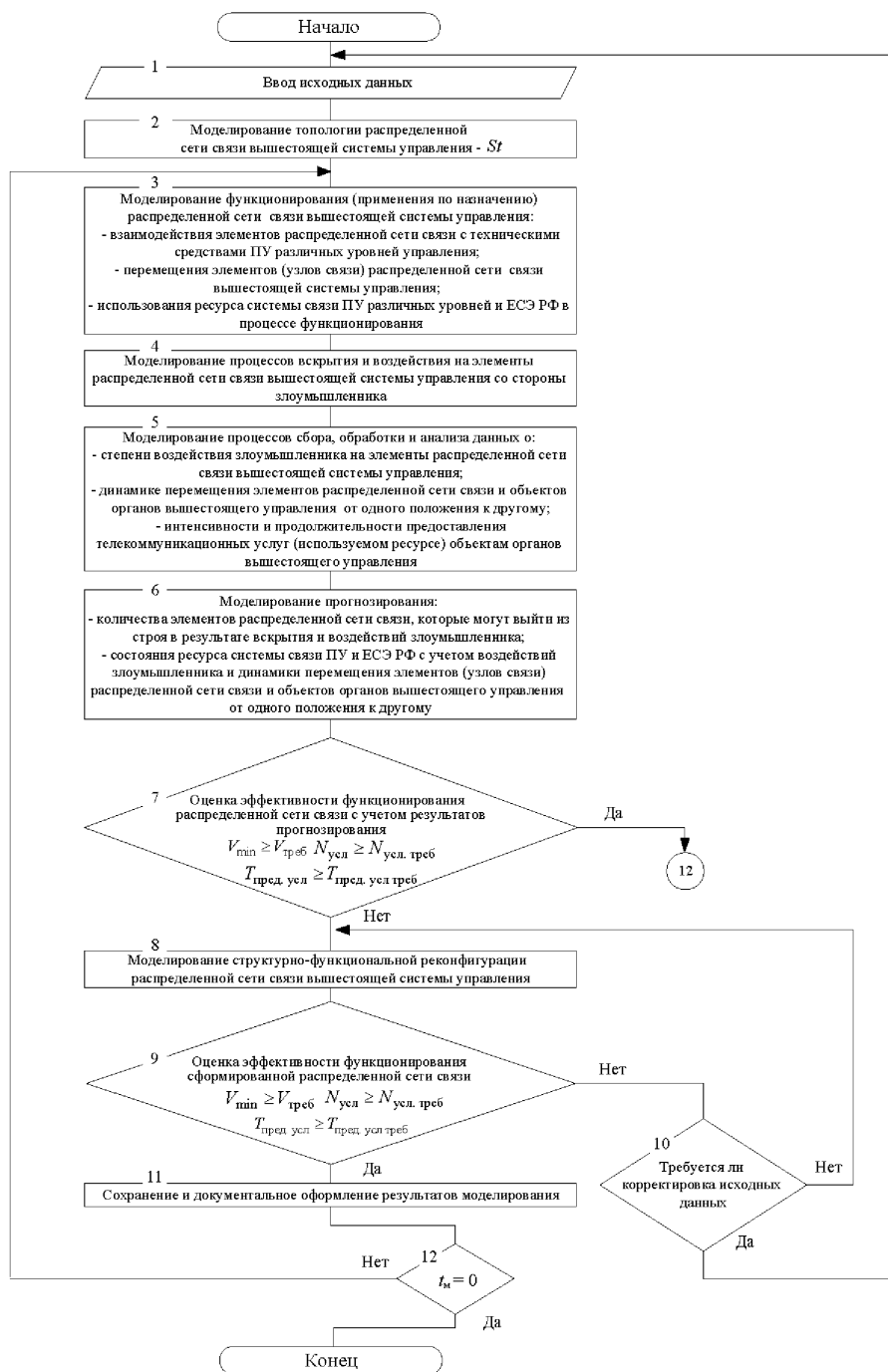
30 вышестоящей системы управления и объектов органов вышестоящего управления от одного положения к другому оценивают эффективность функционирования распределенной сети связи вышестоящей системы управления, в случае необходимости, моделируют структурно-функциональную реконфигурацию распределенной сети связи вышестоящей системы управления, при этом: определяют и рассчитывают структурно-

35 топологические и структурно-функциональные показатели распределенной сети связи вышестоящей системы управления, определяют критически важные элементы распределенной сети связи вышестоящей системы управления, моделируют процесс разработки вариантов структурной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления, моделируют процесс выбора оптимального варианта

40 структурно-функциональной реконфигурации распределенной сети связи вышестоящей системы управления, моделируют параметрический синтез распределенной сети связи вышестоящей системы управления, оценивают эффективность функционирования сформированной распределенной сети связи вышестоящей системы управления, при необходимости производят корректировку исходных данных, сохраняют и

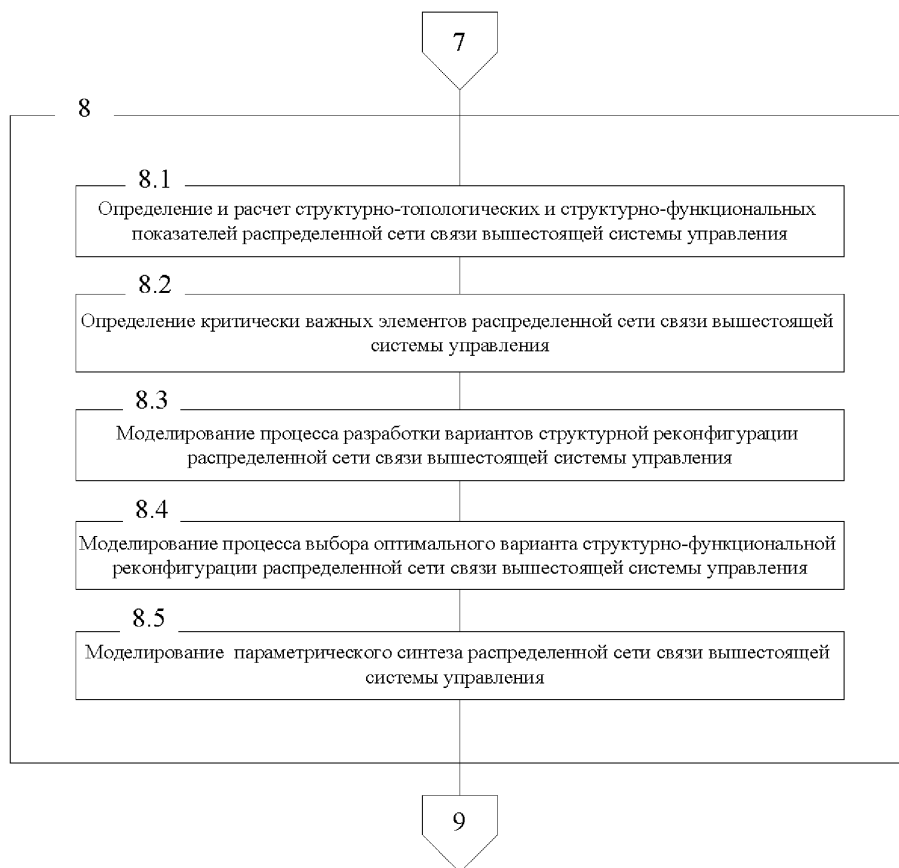
45 документально оформляют результаты моделирования.

1



Фиг. 1

2



Фиг.2