

К.И. Лукин, А.К. Сагдеев, И.Г. Стахеев, О.В. Титова

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРНО РЕЗЕРВИРОВАННОЙ
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ,
РЕАЛИЗУЮЩАЯ ТРИАДНЫЙ ПРИНЦИП ЕЕ ПОСТРОЕНИЯ

Аннотация. Информационно-телекоммуникационная сеть относится к классу больших систем, которые не могут быть созданы за короткое время и предполагают фрагментарное развитие. По этой причине методология должна включать не только методы синтеза, алгоритмической и параметрической оптимизации, но и методы инженерного проектирования. С этой целью в статье рассматривается методика реализации структурно-топологических принципов обеспечения устойчивости при построении сети, реализующая триадный принцип ее построения.

Ключевые слова: информационно-телекоммуникация сеть, стоимость, опорный вариант, триадный принцип.

K.I. Lukin, A.K. Sagdeev, I.G. Stakheev, O.V. Titov

A METHOD OF CONSTRUCTING A STRUCTURALLY REDUNDANT
INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORK THAT
IMPLEMENTS THE TRIAD PRINCIPLE OF ITS CONSTRUCTION

Abstract. The information and telecommunication network belongs to the class of large systems that cannot be created in a short time and assume fragmentary development. For this reason, the methodology should include not only synthesis methods, algorithmic and parametric optimization methods, but also engineering design methods. To this end, the article discusses a methodology for implementing structural and topological principles of ensuring stability in the construction of a network, implementing the triad principle of its construction.

Keywords: information and telecommunications network, cost reference option, triad principle.

Введение

Анализ показывает, что оценка устойчивости информационно-телекоммуникационной сети (далее – ИТКС) не обеспечивает радикального изменения уровня устойчивого функционирования ИТКС в условиях воздействия противника, так как не изменяется ее структура. Более общим подходом к обеспечению устойчивости ИТКС является синтез структуры сети с требуемыми значениями показателей качества. **Синтез** – метод исследования явлений в их единстве и взаимосвязи. Это значит, что для решения задач синтеза необходимо обосновать совокупность методов, обеспечивающих решение подзадач синтеза больших систем [1; 4; 5].

Учитывая, что интенсивность обмена данными между узлами связи (далее – УС) сети не является однородной, в ИТКС можно выделить группы УС, интенсивнее связанные друг с другом информационными потоками. В этом случае увеличить производительность сети можно, разместив разные рабочие группы в отдельных ее сегментах. Сегментация сети может быть выполнена с использованием коммутаторов. В этом случае интенсивный информационный обмен, в том числе и широковещательный трафик, чаще выпол-

Лукин Константин Игоревич

кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «Супертел», Санкт-Петербург. Сфера научных интересов: волоконно-оптические линии связи, атмосферные оптические линии связи, моделирование сетей связи, построение инфотелекоммуникационных систем, методы и способы повышения защиты информации. Автор более 20 опубликованных научных работ. Электронный адрес: ki@supertel.ru

Сагдеев Александр Константинович

кандидат технических наук, доцент Военного учебного центра. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург. Сфера научных интересов: способы противодействия информационным воздействиям на информационно-телекоммуникационную сеть военного назначения, нейросетевые вычислительные системы, функционирующие в системе остаточных классов. Автор более 80 опубликованных научных работ. Электронный адрес: brother-aks@yandex.ru

Стахеев Иван Геннадиевич

кандидат технических наук, доцент, заведующий базовой кафедрой специальных средств связи. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург. Сфера научных интересов: волоконно-оптические линии связи, атмосферные оптические линии связи, моделирование сетей связи, построение инфотелекоммуникационных систем, методы и способы повышения защиты информации. Автор 100 опубликованных научных работ. Электронный адрес: kisasig@yandex.ru

Титова Ольга Викторовна

кандидат технических наук, доцент базовой кафедры специальных средств связи. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург. Сфера научных интересов: волоконно-оптические линии связи, атмосферные оптические линии связи, моделирование сетей связи, построение инфотелекоммуникационных систем, методы и способы повышения защиты информации. Автор 50 опубликованных научных работ. Электронный адрес: olga1110.spb@mail.ru

няется внутри одного сегмента, следовательно, интенсивность межсегментного трафика уменьшается, и количество коллизий в сети существенно снижается [12].

Методология реализации принципов устойчивости сети и триадный принцип ее построения

Информационно-телекоммуникационная сеть относится к классу больших систем. Они не могут быть созданы за короткое время и предполагают фрагментарное (эволюционное) развитие. Поэтому одни ее элементы могут эксплуатироваться, другие – проектироваться, а третьи – исследоваться. По этой причине методология должна включать не только методы синтеза, алгоритмической и параметрической оптимизации (системное проектирование), но и методы инженерного проектирования (реализации результатов синтеза) [6].

С этой целью предлагается методологии реализации структурно-топологических принципов обеспечения устойчивости учитывать при построении ИТКС, включая методику построения структурно резервированной ИТКС, реализуя триадный принцип ее построения [7].

В результате вычисления порядковой функции графа, отражающего иерархическую структуру узлов связи ИТКС, получено их иерархическое распределение, определяющее опорную структуру системы. В рамках этой структуры ищется ее рациональный вариант [9]. Для определения группы УС ИТКС необходимо определить следующие отображения:

$$\begin{aligned} O(X_i) &\xrightarrow{T_1} S(m_k : k = \overline{1, S}); S \leq r; S(m_k) = (m_1, \dots, m_{s-1}, 1); \\ X_i &\xrightarrow{T_2} \{X_j : j = \overline{1, m}\}; \\ N_{nj} &\xrightarrow{T_3} X_j, \end{aligned}$$

где отображение T_1 определяет рациональное число $S(m_k)$ уровней иерархии структуры ИТКС, здесь m_k – число УС на каждом k -м уровне, $k = \overline{1, S}$; отображение T_2 определяет характер распределения УС, где $j = \overline{1, m}$; отображение T_3 определяет множество зависимостей (N_{nj}) задач, решаемых j -м УС.

Критерии построения устойчивой информационно-телекоммуникационной сети

Рациональный вариант построения структуры ИТКС должен отвечать определенной системе критериев.

Для синтеза опорного варианта структуры ИТКС и разработки алгоритма ее корреляции с учетом применения противником средств и методов противодействия могут быть использованы следующие критерии:

- минимизация УС (m);
- максимизация вероятности безошибочного и своевременного выполнения УС всего комплекса задач управления в соответствии с типовым вариантом функционирования ИТКС (P);
- минимизация среднего времени решения оперативных задач УС в ИТКС;
- минимизация показателя равномерности загрузки между УС (K_{pk});
- минимизация общей стоимости содержания структуры ИТКС (C).

Первый показатель m в силу его прямой пропорциональной зависимости от стоимостных показателей структуры ИТКС является ее основной характеристикой.

Параметр $m = 1 + \sum_{k=1}^S m_k$, где m_k – число УС на k -м уровне иерархии структуры ИТКС ($k = \overline{1, S}$, где S – число уровней структуры).

В соответствии с эргономическими требованиями к организации ИТКС эффективность уровня P иерархии в структуре сети имеет ограничение снизу, то есть $P^* \geq P_{\min}$.

Показатель P в силу прямой корреляции с показателями устойчивости функционирования ИТКС также является основной эргономической характеристикой организационной структуры.

Связанным с данным показателем является показатель загруженности УС t , определяющий целевое предназначение сети. Ввиду жесткой корреляции показателя t с загруз-

женностью линий связи он также может рассматриваться как основная эргономическая характеристика ИТКС [11].

Показатель стоимости C зависит от затрат на закупку оборудования, его монтаж и содержание j -го УС k -го иерархического уровня структуры ИТКС, а также затрат на производство и эксплуатацию. Очевидно, что в процессе выбора рационального варианта структуры должно выполняться неравенство $C < C_{\min}$, где C_{\min} – ограничения по стоимости.

Для расчета показателя стоимости может быть принято очевидное условие, что для каждого уровня иерархии структуры могут быть поставлены в соответствие определенные значения перечисленных выше затрат C_k . Тогда

$$C = C_1 + \sum_{k=1}^{S-1} m_k C_k, \tag{1}$$

где C_1 – затраты на закупку оборудования, монтаж, содержание, производство и эксплуатацию УС ИТКС.

Показатель $k_{3к}$ и k_{pk} взаимозависимы с показателем P и являются вспомогательными. Поэтому при постановке задачи они должны учитываться при формировании ограничений [15].

Формулирование задачи построения ИТКС

Задача определения структуры и количества УС в ИТКС может быть сформулирована следующим образом.

Необходимо определить структуру $S(m_k)$, при которой обеспечивается

$$\min_{S(m_k)} C = f_1(S(m_k)) \text{ и } \max_{S(m_k)} P = f_2(S(m_k), \overline{\lambda}, \overline{\mu}, \overline{\varphi}(t), \overline{Q}, \overline{\varepsilon}, \overline{\delta}), \tag{2}$$

где $\lambda, \mu, \varphi(t)$ – загруженность линий связи го отдельного УС, векторы загруженности линий связи и векторы времени обработки информации соответственно; векторы Q и ε – соответствующие вероятности ошибочной передачи пакетов сообщений, определяемых функциональным предназначением УС и линий связи, резервируемых в соответствии с характером информационных потоков, определяемых матрицей δ .

При этом выполняются ограничения на основные критериальные функции

$$P \geq P_{\min}; C \geq C_{\min} \tag{3}$$

и вспомогательные критерии

$$K_{3\min} \leq K_{3к} \leq K_{3\max}, K_{pk} \leq K_{p\max}, TEUGk = 1, S.$$

Поставленная задача является двухпараметрической задачей векторной оптимизации с взаимопротивоположными критериями в факторном пространстве эффективность – стоимость. Ее общее решение может быть найдено на основе применения разнообразных методов скаляризации векторных критериев.

Прямая и обратная задачи оптимизации

Для определения значений нормирующих критериев стоимости и эффективности рассматриваются прямая и обратная задачи оптимизации [13].

Постановка первой (прямой) задачи сводится к следующему. Необходимо определить

$$\max_{S(m_k)} P = f_2(S(m_k), \overline{\lambda}, \overline{\mu}, \overline{\varphi}(t), \overline{Q}, \overline{\varepsilon}, \overline{\delta}) \tag{4}$$

при ограничениях на основные критериальные функции и вышерассмотренных ограничениях на вспомогательные функции.

Обратная задача формально может быть представлена как

$$\min_{S(m_k)} C(S(m_k)) C = C_1 + \sum_{k=1}^{S-1} m_k C_k \quad (5)$$

при соответствующих ограничениях на основные критериальные и вспомогательные функции.

Ввиду существенной нелинейности критериальной функции $P(\cdot)$ в задачах синтеза в первом приближении удобнее использовать параметр t суммарных потерь времени на решение оперативных задач. Тогда прямая задача синтеза будет иметь вид [17]

$$\min_{S(m_k)} t(S(m_k)), \bar{l}, \bar{m}, \bar{u}(t) \quad (6)$$

при условии выполнения ограничений на основные критериальные вспомогательные функции.

При этом критерии $t(\cdot)$, $P(\cdot)$, следовательно, и решение задачи, находятся либо аналитически в условиях достаточно жестких ограничений, либо методом статистического моделирования в соответствии с моделью ИТКС, описание которой дано выше.

Рассмотрим один из вариантов аналитических расчетов структуры. Прямая и обратная задачи могут быть решены в рамках одной процедуры оптимизации, в процессе реализации которой фиксируются как первый, так и второй функционалы.

Примем следующие упрощающие предположения в отношении структуры ИТКС. Во-первых, будем предполагать, что иерархическая сеть структуры однородна, то есть характеристики загруженности УС одного и того же уровня иерархии одинаковы, и каждому УС данного уровня иерархии функционально подчинено одинаковое число потоков информации предыдущего уровня иерархии. Во-вторых, все потоки информации простейшие, длительности обслуживания информации на каждом УС и загруженность линий связи не ограничены, УС функционируют безотказно. Такие предпосылки в общем случае оправданы на стадии структурного проектирования ИТКС, когда проектировщик, в лучшем случае, имеет лишь средние значения интенсивностей оперативных задач и их обслуживания. Данный подход позволяет проектировщику осмыслить задачу, получить верхние оценки значений критериальных функций для различных вариантов построения ИТКС и провести предварительный отбор наиболее перспективных из них [10].

В качестве основного критерия выбора структуры ИТКС рассмотрим оценки значений временных характеристик обработки поступающей информации [14]. Для этого определим средние потери времени в решении оперативных задач i -м УС k -го уровня иерархии:

$$t_{ki} = t_{cpki} q_k + t_{kk}; \forall i = 1, m_k, \quad (7)$$

где q_k – среднее число пакетов сообщений, находящихся в очереди УС k -го уровня иерархии; t_{cpki} – среднее время обработки пакетов сообщений УС k -го уровня иерархии; t_{kk} – среднее время согласования (координации) информационных потоков УС k -го уровня иерархии со стороны УС смены вышестоящего уровня.

Для однородной структуры ИТКС общий критерий, отражающий временные потери для k -го уровня иерархии это

$$t(k) = m_{k-1} t_{k-1} + t_k, \quad (8)$$

где m_k – число УС на k -м уровне иерархии; t_{k-1} – соответствующие потери пакетов сообщений для УС $(k-1)$ -го уровня; t_k – потери пакетов сообщений одного УС k -го уровня.

Методика построения структурно резервированной информационно- ...

Тогда с учетом однородности структуры количественное выражение общих за всю структуру временных потерь

$$t = \sum_{k=1}^S t_{ki} m_k, m_s = 1. \tag{9}$$

Если сеть однородна, то интенсивность входящего простейшего информационного потока для любого УС k -го уровня иерархии

$$\lambda_k = \frac{c}{m_k} \prod_{j=1}^{k-1} q_j, \tag{10}$$

где Λ – интенсивность суммарного информационного потока ИТКС; g_k – степень интеграции пакетов сообщений на k -м уровне иерархии.

Степень интеграции пакетов сообщений зависит от сложности ИТКС на k -м уровне. Чем больше различных источников пакетов сообщений составляют основу информационного потока, тем более сложным он является [3]. Исходя из изложенного, предположим следующий закон изменения коэффициента g_k :

$$g_k(m_k) = \exp(a_k(m_k - |N_k|)), m_k = \{1, 2, 3, \dots\}, \tag{11}$$

где a_k – интенсивность изменения коэффициента интеграции информации на k -м уровне иерархии ИТКС; $g_{k=0} = 1$ при $m_k > |N_k|$.

Тогда в силу (10), (11) имеем

$$t = \sum_{k=1}^S \left(\frac{\Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j}{\mu_k \left(\mu_k m_k - \Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j \right)} + t_{kk} \right).$$

Отсюда несложными преобразованиями получим систему уравнений относительно оптимальных значений m_k^* :

$$\frac{\left(\Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j \right)^2}{\mu_k \left(\mu_k m_k - \Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j \right)^2} = t_k, (k = \overline{1, S-1}). \tag{12}$$

Ее решением является рекуррентное соотношение

$$m_k^* = \frac{1}{\mu_k} \Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j \left(1 + \frac{1}{\sqrt{\mu_k t_{kk}}} \right), \tag{13}$$

позволяющее последовательно вычислить все значения m_k^* – от m_{s-1}^* до m_1^* . Полученные значения t округляются до ближайших целых чисел, а возможная неоднозначность решения устраняется непосредственным расчетом по формуле (12) [16].

Если положить, что время координации действий узлов связи и актуализации их информации на последующем уровне организации пропорционально интенсивности решения оперативных задач номерам узлов связи вышестоящего уровня иерархии, то есть

$$t_{kk} \approx \frac{\gamma_k}{\mu_{k+1}}, \gamma S = 0,$$

то тем же методом можно найти оптимальные значения:

$$\mu_k^* = \frac{\Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j}{2m_k}. \quad (14)$$

Выражение (14) позволяет при известных m_k и S_k путем рекуррентных вычислений определить требуемый уровень доступности информации на каждом иерархическом уровне [2].

Отношение стоимости и временных характеристик будет соответствовать времени прохождения информации от нижнего ($k = 1$) до верхнего ($k = S$) уровня иерархии ИТКС:

$$t_{on} = \sum_{k=1}^S t_{ki}(S(m_k)).$$

При условии наличия ограничений на суммарные стоимостные затраты задача определения структуры ИТКС (прямая задача оптимизации) будет иметь вид

$$\min_{m_1, m_2, \dots, m_{s-1}} \sum_{k=1}^S t_{ki}(S, m_k, \Lambda, \mu_k, t_{kk}) \quad (15)$$

при условии

$$\sum_{k=1}^S C_k m_k \leq C_{доп}, \quad (16)$$

где $C_{доп}$ – допустимые затраты на организацию и поддержку устойчивого функционирования ИТКС; C_k – стоимость организации и поддержки функционирования УС k -го уровня иерархии ИТКС.

Для решения задачи вида (15) используется метод неопределенных множителей Лагранжа [18].

Опуская дальнейшие выкладки, окончательно решение задачи в форме рекуррентного выражения может быть представлено следующим образом:

$$m_k^* = \frac{1}{\mu_k} + \frac{1}{\mu_k} \left(\frac{C_{доп}}{\mu_k} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (17)$$

где ρ_k^* – задаваемый уровень нагрузки УС информационными потоками.

Как видно из формулы (17), стоимостные ограничения оказывают существенное влияние на структуру ИТКС. В отношении вида функций $M_k(C_k)$ может быть принята либо аппроксимация вида

$$M_k(C_k) = a_{kmax} \exp(C_1 / C_k), \text{ либо } M_k(C_k) = C_k,$$

где M_{kmax} , a – параметры аппроксимации зависимости $M_k(C_k)$.

Параметр M_{kmax} определяет предельные значения загруженности линий связи (элементов) на данном УС при данном распределении информационных потоков и характере решаемых задач на УС. Уровень $M_{kmax}(M_k)$ зависит от конструктивных, организационных и технических характеристик ИТКС [19].

При этом условно можно принять $C_k = aC_1$, где C_1 – стоимость одного УС первого уровня иерархии; a – коэффициент пропорциональности, отражающий рост стоимости УС вышележащих уровней иерархии ИТКС.

Заключение

Таким образом, структуру ИТКС следует рассматривать как опорный вариант, служащий основой для принятия решения о целесообразности или нецелесообразности дальнейшей ее трансформации на основе динамики изменения информационных потоков при воздействии противника [8].

Литература

1. Баранов В.В., Максимова Е.А., Лаута О.С. Анализ модели информационного обеспечения процессов и систем при реализации многоагентного интеллектуального взаимодействия // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2019. № 4. С. 32–41.
2. Горбачева М.А., Сагдеев А.К. Проблемы обеспечения защищенности инфотелекоммуникационной сети военного назначения при ведении информационной войны // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2015. С. 426–429.
3. Когнитивная платформа построения инфокоммуникационной сети робототехнических комплексов специального назначения / О.С. Лаута, М.А. Гудков, В.В. Баранов, Е.А. Максимова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10: Инновационная деятельность. 2017. Т. 11, № 4. С. 15–23.
4. Коцыняк М.А., Лаута О.С., Нечепуренко А.П. Методика оценки устойчивости информационно-телекоммуникационной сети в условиях информационного противоборства // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 1-2 (127-128). С. 58–62.
5. Коцыняк М.А., Лаута О.С., Нечепуренко А.П. Модель системы воздействия на информационно-телекоммуникационную систему специального назначения в условиях информационного противоборства // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 3-4 (129-130). С. 40–44.
6. Коцыняк М.А., Лаута О.С., Нечепуренко А.П. Функциональная модель информационного воздействия на информационно-телекоммуникационную систему специального назначения // Нейрокомпьютеры и их применение: XVI Всероссийская научная конференция: тезисы докладов. 2018. С. 101–102.
7. Методика прогнозирования воздействия компьютерных атак на информационно-телекоммуникационную сеть / О.С. Лаута, М.А. Коцыняк, Д.А. Иванов, А.И. Суетин // Радиолокация, навигация, связь: сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции. В 5 т. 2018. С. 115–123.
8. Методика рационального выбора состава резервных каналов связи в интересах повышения устойчивости информационно телекоммуникационной сети с учетом результатов воздействия противника / С.А. Багрецов, О.С. Лаута, И.И. Михаил, А.К. Сагдеев // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы, модели, анализ и управление. 2021. Вып. 1. С. 126–135.
9. Методика синтеза системы защиты информационно-телекоммуникационной сети в условиях информационного противоборства / О.С. Лаута, Д.А. Иванов, А.П. Нечепуренко, М.А. Власенко // Радиолокация, навигация, связь: сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции. В 5 т. 2018. С. 124–129.
10. Модели интеллектуальных воздействий / А.П. Нечепуренко, А.И. Суетин, И.Р. Муртазин, О.С. Лаута // Региональная информатика и информационная безопасность. 2017. С. 144–145.

11. Моделирование компьютерных атак на основе метода преобразования стохастических сетей / О.С. Лаута, М.А. Коцыняк, Д.А. Иванов, М.А. Гудков // Радиолокация, навигация, связь: сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции. В 5 т. 2018. С. 137–146.
12. Модель воздействия таргетированной кибернетической атаки на информационно-телекоммуникационную сеть / М.А. Коцыняк, О.С. Лаута, Д.А. Иванов, О.М. Лукина // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 3-4 (129-130). С. 58–65.
13. Обеспечение безопасности управления роботизированных систем с применением нейронных сетей / М.А. Власенко, Д.А. Иванов, С.И. Кузнецов, О.С. Лаута // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018): сборник научных статей VII Международной научно-технической и научно-методической конференции. В 4 т. 2018. С. 167–171.
14. Обеспечение безопасности управления роботизированных систем с применением нейронных сетей / Р.В. Захаров, О.С. Лаута, А.М. Крибель, Д.В. Соловьев // Региональная информатика и информационная безопасность. 2017. С. 92–93.
15. Обеспечение информационной безопасности на основе метода искусственного интеллекта / О.С. Лаута, М.А. Коцыняк, Е.А. Беспалый, С.И. Кузнецов // Радиолокация, навигация, связь: сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции. В 5 т. 2018. С. 165–168.
16. Оценка киберустойчивости компьютерных сетей на основе моделирования кибератак методом преобразования стохастических сетей / И.В. Котенко, И.Б. Саенко, М.А. Коцыняк, О.С. Лаута // Труды СПИИРАН. 2017. № 6 (55). С. 160–184.
17. Подход к оценке защищенности информационно-телекоммуникационной сети специального назначения от технической компьютерной разведки / О.С. Лаута, И.А. Клиншов, В.В. Ястребов, Е.В. Русаков // Региональная информатика и информационная безопасность. 2017. С. 121–122.
18. Полванова Н.А., Сагдеев А.К. Концепции динамической защиты информационно-телекоммуникационной сети военного назначения в условиях ведения техносферной войны // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2015. С. 501–504.
19. Совершенствование методики количественной оценки угроз информационной безопасности телекоммуникационных систем и сетей / О.Ю. Назарова, А.К. Сагдеев, И.Г. Стахеев, О.В. Титова, А.Н. Шилина // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 2. С. 77–84.

References

1. Baranov V.V., Maksimova E.A., Lauta O.S. (2019) *Analiz modeli informacionnogo obespecheniya processov i system pri realizacii mnogoagentnogo intellektual'nogo vzaimodejstviya* [Analysis of the model of information support of processes and systems in the implementation of multi-agent intelligent interaction]. *Pribery i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika*, No. 4, pp. 32–41 (in Russian).
2. Gorbacheva M.A., Sagdeev A.K. (2015) *Problemy obespecheniya zashchishchennosti infotelekkommunikacionnoj seti voennogo naznacheniya pri vedenii informacionnoj vojny* [Problems of Ensuring the Security of a Military Infotelecommunication Network in the Conduct of an Information War]. *Trudy Severo-Kavkazskogo filiala Moskovskogo tekhnicheskogo universiteta svyazi i informatiki*, pp. 426–429 (in Russian).
3. Lauta O.S., Gudkov M.A., Baranov V.V., Maksimova E.A. (2017) *Kognitivnaya platform postroeniya infokommunikacionnoj seti robototekhnicheskikh kompleksov special'nogo naznacheniya* [Cognitive platform for building an infocommunication network of robotic systems for special purposes]. *Vestnik*

Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 10: Innovacionnaya deyatel'nost', vol. 11, No. 4, pp. 15–23 (in Russian).

4. Kocynyak M.A., Lauta O.S., Nechepurenko A.P. (2019) *Metodika ocenki ustojchivosti informacionno-telekommunikacionnoj seti v usloviyah informacionnogo protivoborstva* [Methodology for assessing the stability of the information and telecommunications network in the context of information confrontation]. *Voprosy oboronnoj tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu*, No. 1-2 (127-128), pp. 58–62 (in Russian).

5. Kocynyak M.A., Lauta O.S., Nechepurenko A.P. (2019) *Model' sistemy vozdejstviya na informacionno-telekommunikacionnyu sistemu special'nogo naznacheniya v usloviyah informacionnogo protivoborstva* [Model of the system of influence on the information and telecommunication system of special purpose in the conditions of information confrontation]. *Voprosy oboronnoj tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu*, No. 3-4 (129-130), pp. 40–44 (in Russian).

6. Kocynyak M.A., Lauta O.S., Nechepurenko A.P. (2018) *Funkcional'naya model' informacionnogo vozdejstviya na informacionno-telekommunikacionnyu sistemu special'nogo naznacheniya* [Functional model of information impacts on a special-purpose information and telecommunication system]. *Nejrokompyutery i ih primenenie: XVI Vserossiyskaya nauchnaya konferenciya* [Neurocomputers and their applications: KhVI All-Russian Scientific Conference], pp. 101–102 (in Russian).

7. Lauta O.S., Kocynyak M.A., Ivanov D.A., Suetin A.I. (2018) *Metodika prognozirovaniya vozdejstviya komp'yuternyh atak na informacionno-telekommunikacionnyu set'* [Methodology for predicting the impact of computer attacks on the information and telecommunications network]. *Radiolokaciya, navigaciya, svyaz': Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodno jnauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Radar, navigation, communications: Proceedings of the KSIV International Scientific and Technical Conference], pp. 115–123 (in Russian).

8. Bagrecov S.A., Lauta O.S., Mihail I.I., Sagdeev A.K. (2021) *Metodika racional'nogo vybora sostava rezervnyh kanalov svyazi v interesah povysheniya ustojchivosti informacionno-telekommunikacionnoj seti s uchetom rezul'tatov vozdejstviya protivnika* [Methodology for the rational selection of the composition of backup communication channels in the interests of increasing the stability of the information and telecommunications network, taking into account the results of the enemy's influence]. *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy, modeli, analiz i upravlenie*, vol. 1, pp. 126–135 (in Russian).

9. Lauta O.S., Ivanov D.A., Nechepurenko A.P., Vlasenko M.A. (2018) *Metodika sinteza sistemy zashchity informacionno-telekommunikacionnoj seti v usloviyah informacionnogo protivoborstva* [Methodology for the synthesis of the protection system of the information and telecommunication network in the conditions of information confrontation]. *Radiolokaciya, navigaciya, svyaz': Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Radar, navigation, communications: Proceedings of the KSIV International Scientific and Technical Conference], pp. 124–129 (in Russian).

10. Nechepurenko A.P., Suetin A.I., Murtazin I.R., Lauta O.S. (2017) *Modeli intellektual'nyh vozdejstvij* [Models of intellectual influences]. *Regional'naya informatika i informacionnaya bezopasnost'*, pp. 144–145 (in Russian).

11. Lauta O.S., Kocynyak M.A., Ivanov D.A., Gudkov M.A. (2018) *Modelirovanie komp'yuternyh atak na osnove metod apreobrazovaniya stohasticheskikh setej* [Simulation of computer attacks based on the method of a-transformation of stochastic networks]. *Radiolokaciya, navigaciya, svyaz': Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Radar, navigation, communications: Proceedings of the KSIV International Scientific and Technical Conference], pp. 137–146 (in Russian).

12. Kocynyak M.A., Lauta O.S., Ivanov D.A., Lukina O.M. (2019) *Model' vozdejstviya targetirovannoj kiberneticheskoy ataki na informacionno-telekommunikacionnyu set'* [Model of the impact of a targeted

- cyber attack on the information and telecommunications network]. *Voprosy oboronnoj tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu*, No. 3-4 (129-130), pp. 58–65 (in Russian).
13. Vlasenko M.A., Ivanov D.A., Kuznecov S.I., Lauta O.S. (2018) *Obespechenie bezopasnosti upravleniya robotizirovannyh sistem s primeneniem nejronnyh setej* [Ensuring the safety of control of robotic systems using neural networks]. *Aktual'nye problem infotelekomunikacij v nauke i obrazovanii (APINO 2018): VII Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya i nauchno-metodicheskaya konferenciya* [Actual problems of infotelecommunications in science and education (APINO 2018): VII International Scientific, Technical and Scientific Methodological Conference], pp. 167–171 (in Russian).
14. Zaharov R.V., Lauta O.S., Kribel' A.M., Solov'ev D.V. (2017) *Obespechenie bezopasnosti upravleniya robotizirovannyh sistem s primeneniem nejronnyh setej* [Ensuring the safety of control of robotic systems using neural networks]. *Regional'naya informatika i informacionnaya bezopasnost'*, pp. 92–93 (in Russian).
15. Lauta O.S., Kocynyak M.A., Bepalyj E.A., Kuznecov S.I. (2018) *Obespechenie informacionnoj bezopasnosti na osnove metoda iskusstvennogo intellekta* [Ensuring information security based on the method of artificial intelligence]. *Radiolokaciya, navigaciya, svyaz': Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii* [Radar, navigation, communications: Proc. of the KSIV International Scientific and Technical Conference], pp. 165–168 (in Russian).
16. Kotenko I.V., Saenko I.B., Kocynyak M.A., Lauta O.S. (2017) *Ocenka kiberustojchivosti komp'yuternyh setej na osnove modelirovaniya kiberatak metodom preobrazovaniya stohasticheskikh setej* [Estimation of Cyber Resilience of Computer Networks Based on the Simulation of Cyber Attacks by the Method of Transforming Stochastic Networks]. *Trudy SPIIRAN*, No. 6 (55), pp. 160–184 (in Russian).
17. Lauta O.S., Klinshov I.A., Yastrebov V.V., Rusakov E.V. (2017) *Podhod k ocenke zashchishchennosti informacionno-telekommunikacionnoj seti special'nogo naznacheniya ot tekhnicheskoy komp'yuternoj razvedki* [An approach to assessing the security of a special-purpose information and telecommunication network from technical computer intelligence]. *Regional'naya informatika i informacionnaya bezopasnost'*, pp. 121–122 (in Russian).
18. Polvanova N.A., Sagdeev A.K. (2015) *Koncepcii dinamicheskoy zashchity informacionno-telekommunikacionnoj seti voennogo naznacheniya v usloviyah vedeniya tekhnosfernoj vojny* [Concepts of dynamic protection of the information and telecommunication network for military purposes in the conditions of conducting a technospheric war]. *Trudy Severo-Kavkazskogo filial Moskovskogo tekhnicheskogo universiteta svyazi i informatiki*, pp. 501–504 (in Russian).
19. Nazarova O.Yu., Sagdeev A.K., Staheev I.G., Titova O.V., Shilina A.N. (2021) *Sovershenstvovanie metodiki kolichestvennoj ocnki ugroz informacionnoj bezopasnosti telekommunikacionnyh sistem i setej* [Improving the methodology for quantitative assessment of threats to information security of telecommunication systems and networks]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problem teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, No. 2, pp. 77–84 (in Russian).