

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

АЛГОРИТМ КОРРЕЛЯЦИИ СТРУКТУРНО РЕЗЕРВИРОВАННОЙ  
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ  
С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВНИКОМ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ  
ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

**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 алгоритм построения опорного варианта структуры сети и алгоритм ее корреляции с учетом применения противником средств и методов противодействия.

**Ключевые слова:** информационно-телекоммуникация сеть, вероятность ошибки, алгоритм корреляции, структурное резервирование.

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

CORRELATION ALGORITHM OF A STRUCTURALLY REDUNDANT  
INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORK, TAKING  
INTO ACCOUNT THE USE OF MEANS AND METHODS  
OF COUNTERACTION BY THE ENEMY

**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 considers the algorithm for constructing a reference version of the network structure and the algorithm for its correlation, taking into account the use of counteraction means and methods by the enemy.

**Keywords:** information and telecommunications network, error probability, correlation algorithm, structural reseving.

*Введение*

Информационный поток связывает источники с потребителями информации и определяется элементами и схемой. Схема потока определяет взаимосвязь потоковых элементов в процессе их образования. Для построения схемы потока необходимо знать, на основе каких элементов формируется каждый потоковый элемент.

В распределенной системе, к которой относится информационно-телекоммуникационная сеть (далее – ИТКС), защитить информацию гораздо сложнее, чем в централизованной. Поэтому важным свойством ИТКС, которое необходимо учитывать при решении задачи синтеза, является обеспечение безопасности информации, циркулирующей между управляющими системами (далее – УС) ИТКС [1].

С учетом этого необходимо синтезировать ИТКС на основе предполагаемых воздействий противника, обосновать структурно резервированную ИТКС и рациональное количество резервных каналов связи [4].

**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 более 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 более 50 опубликованных научных работ. Электронный адрес: olgal110.spb@mail.ru

*Алгоритм корреляции структурно резервированной ИТКС*

С этой целью предлагается алгоритм корреляции структурно резервированной ИТКС с учетом применения противником средств и методов противодействия [5].

Структурная схема алгоритма, реализующего данную процедуру определения рационального варианта расчета, приведена на Рисунке 1.

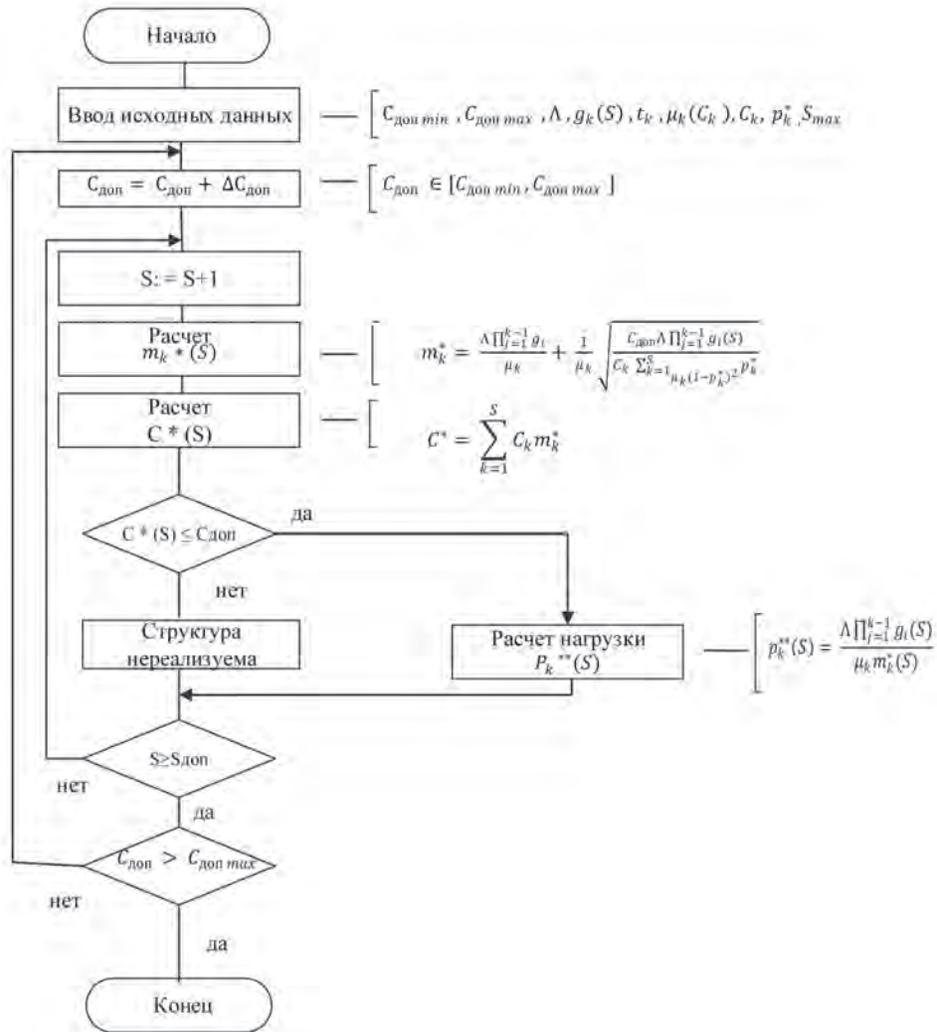
Таким образом, можно определить зависимость  $\min \sum_{k=1}^S t_{ki}(x) = f^*(C_{дон})$ , каждой точке которой соответствуют свои оптимальные с точки зрения функционала значения параметров структуры ИТКС.

При увеличении уровня отпускаемых на ИТКС средств ( $C_{дон}$ ) реальная ее стоимость

$C_S^{**} = \sum_{k=1}^S a_k m_k(S) C_1$  увеличивается, асимптотически приближаясь к предельному значе-

Алгоритм корреляции структурно резервированной информационно...

нию, уровень которого соответствует стоимости ИТКС с параметрами решения задач на каждом уровне, близкими к значениям  $\Pi_k(S)$  [12].



**Рисунок 1.** Алгоритм определения рациональных вариантов структуры ИТКС по минимуму времени обработки информации на УС

Выполнение неравенства  $C_S^{**} = \sum_{k=1}^S a_k m_k(S) C_1 < C_{доп}$  свидетельствует о том, что такая структура не может быть реализована в данной системе исходных данных, а при  $C_S^{**} = \sum_{k=1}^S a_k m_k(S) C_1 < C_{min}$  ее реализация не отвечает системе основных ограничений [6; 7]. Из результатов расчетов можно заключить, что множество  $M(S, m_j, \Lambda)$  допустимых с точки зрения соответствия системе ограничений структур при увеличении интенсивности информационных потоков сужается, то есть справедливо отношение

$$M(S, m_k, \Lambda_2) \subset M(S, m_k, \Lambda_1) \text{ при } \Lambda_1 < \Lambda_2 .$$

Идеальной структурой в множестве допустимых  $M(S, m_k, \Lambda)$  была бы структура, обеспечивающая минимум времени обработки информационных потоков и имеющая минимальную стоимость. Эти требования, как уже указывалось выше, противоречивы [9; 11; 15]. Их разрешение осуществляется методами векторной оптимизации, в рамках которой необходимо определить не только структуру с максимальной оперативностью обработки информационных потоков, но и структуру с минимальной стоимостью [14].

Для обеспечения глобальной оптимизации структуры необходимо рассмотреть обратную задачу, суть которой заключается в определении таких параметров структуры ИТКС, при которых стоимость ее организации и технического обеспечения будет минимальна, а основные и вспомогательные критериальные функции будут отвечать требуемой системе ограничений, то есть

$$\min_{S_1, m_1, m_2, \dots, m_{s-1}} \sum_{k=1}^S C_k m_k \tag{1}$$

при условии

$$\sum_{k=1}^S t_{ki} + t_{kk} \leq t_{don}, \tag{2}$$

где  $t_{дон}$  – допустимое время передачи пакета сообщения в структуре ИТКС, определяемое исходя из технических, организационных и тактических соображений. В формуле (2) параметр  $t_{ki}$  определяется как сложная функция, зависящая от внутренней структуры  $S(m_k)$  и параметров УС ( $\mu_k, t_{kk}$ ), а также от величины поступающего на вход ИТКС информационного потока.

Тогда

$$\frac{\partial L(m_k, C_k)}{\partial m_k} = C_k - \beta \frac{\Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j}{\left( \mu_k m_k - \Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j \right)} = 0 . \tag{3}$$

Преобразуя (3), получим выражение для неопределенного множителя Лагранжа [17]

$$\beta = \frac{\sum_{k=1}^k t_k C_k (1 - \rho^*)}{T_{don} - \sum_{k=1}^{S-1} t_{kk}} .$$

Так как по условию выполнения ограничений на вспомогательные критерии  $\rho^* = \text{const}$ , то

$$\beta \approx \frac{(1 - \rho^*) \sum_{k=1}^k t_k C_k}{S - 1} , \tag{4}$$

$$don - \sum_{k=1}^k t_{kk}$$

После несложных преобразований получим:

$$m_k^{**} = \frac{A_k \sqrt{\Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j}}{\mu_k} + \Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j ; \tag{5}$$

$$k = \frac{1}{m_k A_k} \sqrt{\Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j} , \tag{6}$$

где

$$A_k = \left( \frac{(1-\rho^*) \sum_{k=1}^k C_k m_k}{\left( T_{\text{дон}} - \sum_{k=1}^{S-1} t_{kk} \right)} \right)^{1/2} . \tag{7}$$

Принимая во внимание ограничение (1), окончательно из (5) получим

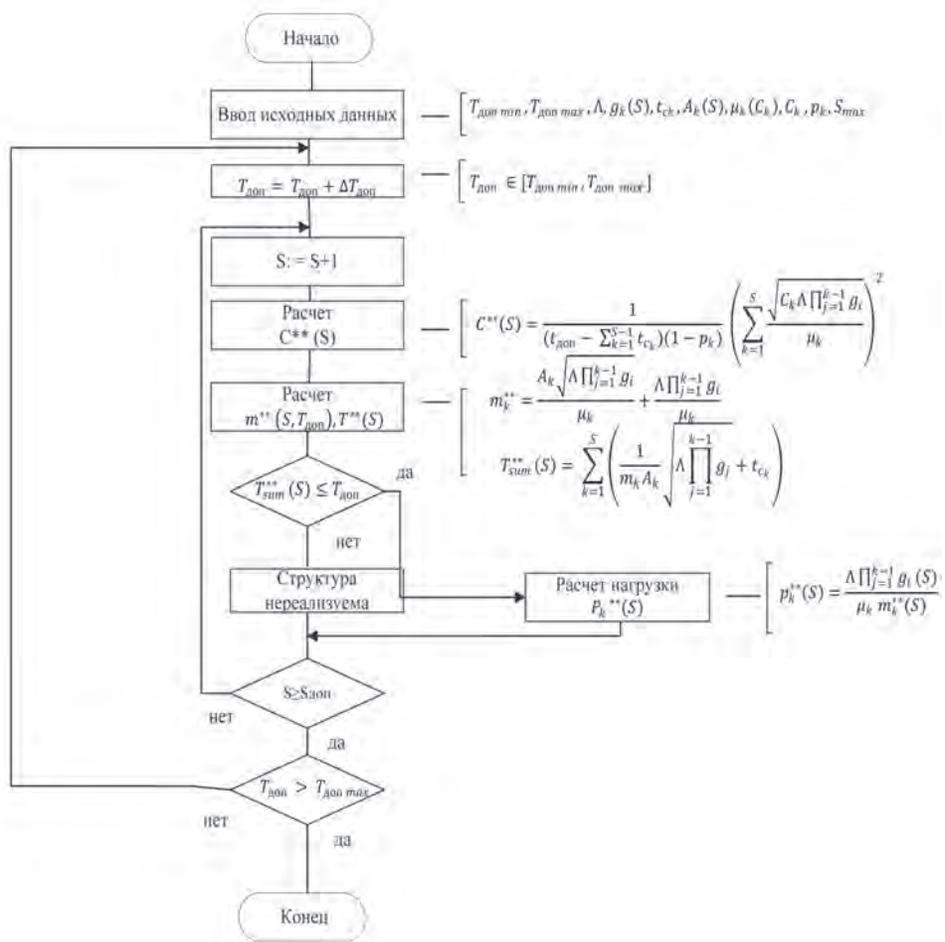
$$\sum_{k=1}^S C_k m_k = \frac{1}{T_{\text{дон}} - \sum_{k=1}^{S-1} \frac{\sqrt{C_k \Lambda \prod_{j=1}^{k-1} g_j}}{\mu_k \sqrt{(1-\rho_k)}}} . \tag{8}$$

Решение задачи для конкретного значения  $S$  обеспечивается полученными выше уравнениями (6) и (7). Аналогично, как и в рассмотренном выше алгоритме, синтезируемые параметры структуры ИТКС определяются последовательно для различных уровней ( $S = 2, \dots, S_{\text{дон}}$ ) иерархии внутренней структуры УС [10]. Для каждого значения параметра  $S = \overline{2, S_{\text{дон}}}$  определяется оптимальное число УС по уровням иерархии ( $m_k^{**}$ ), при котором обеспечивается, с одной стороны, минимум стоимости структуры, то есть  $\sum C_k m_k^{**}$ , а с другой – удовлетворяются ограничения по времени передачи пакетов сообщений. Глобальный оптимум параметров структуры соответствует такому значению уровня иерархии  $S^*$ , при котором обеспечивается минимум стоимостных затрат на реализацию и поддержание устойчивости функционирования ИТКС, то есть

$$\{S^*, m_k^{**}\} \Rightarrow \min_S \min_{m_1, m_2, \dots, m_{S-1}} \sum_{k=1}^S m_k^{**} C_k .$$

Структурная схема алгоритма расчета рациональных (с точки зрения стоимостных затрат) параметров структуры ИТКС с учетом ограничений на допустимое время передачи пакетов сообщений приведена на Рисунке 2.

Найденные значения оптимальных распределений УС по уровням иерархии структуры ИТКС для временных  $\{S^*, m_k^*(\cdot) : k = \overline{1, S^* - 1}\} (m_k^* = m_k(t_{\text{min}}))$  и стоимостных  $\{S^{**}, m_k^{**}(\cdot) : k = \overline{1, S^{**} - 1}\}$  критериев образуют локальные идеальные векторы распределений. Последовательно присваивая  $S = 1, 2, 3, \dots$ , фиксируем  $S^*(m_k^*)$  или  $S^{**}(m_k^{**})$ , обеспечивающие минимум критериальных функции организации структуры по времени и по стоимости.



**Рисунок 2.** Алгоритм определения рациональных вариантов структуры ИТКС по минимуму стоимости

Можно показать, что  $S^* \leq S^{**}$ . Векторы  $\{S^*, m_k^*(\cdot) : k=1, S^*-1\}$  и  $\{S^{**}, m_k^{**}(\cdot) : k=1, S^{**}-1\}$  рассматриваются как глобальные идеальные векторы и определяют границы области компромиссов многокритериальной задачи векторной оптимизации структуры ИТКС [13].

*Формулирование базового варианта задачи УС ИТКС*

Задача уточнения базового варианта численности и квалификационной структуры УС ИТКС может быть сформулирована следующим образом. Необходимо из заданной области допустимых изменений вектора  $\bar{A} \subseteq A^0$  найти такой вектор  $A^*$  рациональных значений характеристик численной и квалификационной структур ИТКС, при котором векторный показатель качества линий связи ( $E$ ), включающий в себя приведенные стоимостные затраты ( $C$ ) на эксплуатацию ИТКС и эффективность работы ( $P(A)$ ) в условиях воздействия противника, будет оптимален при условии, что совокупность определенного множества характеристик  $\omega(\bar{A})$  сети будет удовлетворять заданной системе ограничений ( $\omega^0$ ):

$$E = \langle C(\bar{A}); P(\bar{A}) \rangle \rightarrow opt, \tag{9}$$

$$A \Sigma \subseteq A^o.$$

Система ограничений  $\omega^o$  в уравнении (9) определяется множеством допустимых векторов ( $A^o$ ) численных и квалификационных структур отдельных УС; множеством допустимых вариантов организации связи  $i$ -й и  $j$ -й УС ( $\bar{A}_{ij}^o$ ); множеством информационных потоков от  $j$ -го УС к  $i$ -му УС; совокупностью ограничений на время передачи пакетов сообщений через каждый УС и для расчета в целом.

Вероятность своевременной и безошибочной передачи информационных потоков может быть определена произведением

$$P_i(\bar{A}_{iu}) = P_{i\sigma}(\bar{A}_{iu}) F(\bar{A}t_i \leq t_i^o),$$

где  $P_{i\sigma}(\bar{A}_{iu})$  – вероятность безошибочной передачи  $i$ -го информационного потока при условии, что вектор численной и квалификационной структуры  $i$ -х УС равен  $\bar{A}_i$ ;  $F(\bar{A}_i; t_i < t_i^o)$  – вероятность своевременной передачи информационных потоков  $i$ -м УС.

Для определения временных характеристик обработки (передачи) пакетов сообщений введем следующие допущения: информационный поток для всех УС<sub>*i*</sub> представляется как простейший поток, время обработки пакетов сообщений УС распределено по экспоненциальному закону [3].

Время обслуживания информационных потоков различными УС рассматривается как смешанное время произвольного вида [16].

Учитывая данные допущения, время обработки информации отдельными УС определим как

$$k(\bar{A}_k, x_k) = \frac{\nu \sum_{i \in M_k^{(1)}} \rho_{ik}}{1 - \sum_{i \in M_k^{(1)}} \rho_{ik}} + \frac{\sum_{i \in M_k^{(2)}} \lambda_{ik} \nu_{ik}^{(2)}}{2 \left( 1 - \sum_{i \in M_k^{(3)}} \rho_{ik} \right) \left( 1 - \sum_{i \in M_k^{(1)}} \rho_{ik} \right)} + \nu_k,$$

где  $k \in M$ ;  $\rho_{ik} = \lambda_{ik} \nu_{ik}$ ;

$M_k^{(1)}$  – подмножество пакетов сообщений, имеющих более высокий абсолютный приоритет, чем информационный поток  $k$ ;

$M_k^{(2)}$  – подмножество информационных потоков, по отношению к которым пакеты сообщений  $k$  не обладают более высоким приоритетом;

$M_k^{(3)}$  – подмножество информационных потоков, имеющих более высокий относительный или абсолютный приоритет по отношению к пакетам сообщений  $k$ ;

$M_k^{(4)}$  – подмножество пакетов сообщений, по отношению к которым информационный поток  $k$  не обладает более высоким относительным или абсолютным приоритетом;

$\lambda_k \nu_{ik}$  – среднее время обработки (передачи) пакетов сообщений  $k$ -го и  $i$ -го информационных потоков, обрабатываемых  $k$ -й подгруппой УС;

$\lambda_{ik}$  – интенсивности поступления на обработку пакетов сообщений  $i$ -го информационного потока, обрабатываемых  $k$ -й подгруппой УС;

$\nu_i^{(2)}$  – коэффициенты вариации  $i$ -го информационного потока.

Время передачи информационных потоков УС ИТКС может быть определено по формуле

$$t(\bar{A}_{ix_i}; \bar{A}_{ijix_{ij}}) = \sum_{i,j \in M^0} \alpha_{ij} \bar{t}_{ij}(\bar{A}_{ix_i}; A_{ijix_{ij}}),$$

где  $t_{ij}$  – время передачи  $j$ -х пакетов сообщений ( $i \in M^0$ ) УС  $i$ -й иерархии;

$\alpha_{ij} = \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_j}$  – коэффициент передач, определяющий процентное количество обращений к  $i$ -му УС.

Итак, будем считать, что в результате решения задач вида (9) последовательно в отношении двух функционалов  $t(\cdot)$  и  $C(\cdot)$  найдены их оптимальные значения [2]:

$$\begin{aligned} t^\circ = \min_{S(m_k)} \{ & t^*(S(m_k), C_{don}); \quad t^{**}(S(m_k), t_{don}) \} \\ C^\circ = \min_{S(m_k)} \{ & C^*(S(m_k), C_{don}); \quad C^{**}(S(m_k), t_{don}) \}; \\ & (Sm_k) \subset M(S, m_k, \Lambda). \end{aligned}$$

Очевидно, что из анализа условий существования решений прямой и обратной задач, определяемых приведенными выше утверждениями, справедливо соотношение

$$S^*(m_s^*) S^{**}(m_s^{**}),$$

где

$$\begin{aligned} S^*(m_s^*) &= (m_1^*, m_2^*, \dots, m_{s-1}^*, 1); \\ S^{**}(m_s^{**}) &= (m_1^{**}, m_2^{**}, \dots, m_{s-1}^{**}, 1). \end{aligned}$$

Тогда условие нормировки критериев будет иметь вид

$$\begin{aligned} t_i(S(m_k)) &= \frac{t^\circ}{t(S(m_k))} t(S(m_k)) e \{ t^*(S(m_k)), t^{**}(S(m_k)) \}; \\ C_i(S(m_k)) &= \frac{C^\circ}{C(S(m_k))} C(S(m_k)) e \{ C^*(S(m_k)), C^{**}(S(m_k)) \}, \end{aligned}$$

где  $S(m_k)$  – структуры из области допустимых структур УС ИТКС, то есть

$$S(m_k) \subset M(S, m_k, \Lambda).$$

Окончательное решение задачи оптимизации структуры системы управления формально может быть представлено следующим образом:

$$\max_{S(m_k) \subset M(S, m_k, \Lambda)} \{ \alpha_1 t_n(S(m_k)) + \alpha_2 C_n(S(m_k)) \}, \quad (10)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2$  – соответствующие данному классу задач коэффициенты равнозначности нормированных векторных критериев  $t_n(\cdot)$  и  $C_n(\cdot)$ .

### Выводы

Рассмотренный алгоритм позволяет рассчитать основные параметры ИТКС исходя из структуры УС. Эти параметры следует рассматривать как опорный вариант ИТКС, служащий основой для принятия решения экспертом о целесообразности или нецелесообразности дальнейшего изменения структуры ИТКС [18].

При этом выбор метода оптимизации структуры ИТКС осуществляется на основе анализа характера исходных данных и глубины детализации структуры ИТКС с учетом стоимостных и прочих ограничений [19].

Описанные выше аналитические методы определения рациональных параметров ИТКС эффективно могут быть использованы в условиях значительной неопределенности исходных данных о характере и внешних условиях функционирования УС. Аналитико-статистические методы в рамках решения этих задач служат средством уточнения параметров структуры на основе более полного учета факторов, определяющих особенности передачи информационных потоков между УС.

Таким образом, подсистемы, обслуживающие аналитико-статистические методы априорной оценки параметров ИТКС, можно рассматривать как инструментальные средства поддержки принятия решений в процедурах обоснования потребной численности УС [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. Ч. I. 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. 15–123.

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. № 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. Суегин, 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): VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей. В 4 т. / под ред. С.В. Бачевского. 2018. С. 167–171.
14. Обеспечение безопасности управления роботизированных систем с применением нейронных сетей / Р.В. Захаров, О.С. Лаута, А.М. Крибель, Соловьев Д.В. // 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 информатики. Ч. I. 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 sistem pri realizaci imnogoagentnogo intellektual'nogo vzaimodejstviya* [Analysis of the model of information support of processes and systems in the implementation of multi-agent intelligent interaction]. *Priboryisistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika*, No. 4, pp. 32–41 (in Russian).
2. Gorbacheva M.A., Sagdeev A.K. (2015) *Problemy obespecheniya zashchishchennosti infotelekkomunikacionnoj seti voennogo naznacheniy apri vedenii informacionnoj vojny* [Problems of Ensuring the Security of the Military Infotelecommunication Network in the Conduct of Information Warfare]. *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 platforma postroeniya infokomunikacionnoj 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-telekkomunikacionnoj 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-telekkomunikacionnyuyu 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) *Funktional'naya model' informacionnogo vozdejstviya na informacionno-telekkomunikacionnyuyu sistemu special'nogo naznacheniya* [Functional model of information impact on a special-purpose information and telecommunication system]. *Nejrokompyutery i ih primenenie: XVI Vserossiyskaya nauchnaya konferenciya*, 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-telekkomunikacionnyuyu set'* [Methodology for predicting the impact of computer attacks on the information and telecommunications network]. *Radiolokaciya, navigaciya, svyaz': Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii*, 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-telekkomunikacionnoj seti s uchetom rezul'tatov vozdejstviya protivnika* [Methodology for the rational choice 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 enemy influence] *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy, modeli, analiz i upravlenie*, No. 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-telekkomunikacionnoj seti v usloviyah informacionnogo protivoborstva* [Methodology for the synthesis of a protection system and an information and telecommunication network in the conditions

of information confrontation]. *Radiolokaciya, navigaciya, svyaz': Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferenci*, pp. 124–129 (in Russian).

10. Nechepurenko A.P., Suetin A.I., Murtazin I.R., Lauta O.S. (2017) *Modeli intellektual'nyh vozdeystvij* [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 metoda preobrazovaniya stohasticheskix setej* [Simulation of computer attacks based on the method of transformation of stochastic networks]. *Radiolokaciya, navigaciya, svyaz': Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii*, pp. 137–146 (in Russian).

12. Kocynyak M.A., Lauta O.S., Ivanov D.A., Lukina O.M. (2019) *Model' vozdeystviya targetirovannoj kiberneticheskoj ataki na informacionno-telekommunikacionnyuyu set'* [Model of the impact of a targeted cyber attack on the information and telecommunications network]. *Voprosy oboronnoj tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskie sredstva protivodeystviya terrorizmu*, No. 3-4 (129-130), pp. 58–65 (in Russian).

13. 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).

14. 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 problemy infotelekkommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO 2018): VII Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya i nauchno-metodicheskaya konferenciya*, pp. 167–171 (in Russian).

15. Lauta O.S., Kocynyak M.A., Bepalyj E.A., Kuznecov S.I. (2018) *Obespechenie informacionnoj bezopasnosti na osnove metoda iskusstvennogointellekta* [Ensuring information security based on the method of artificial intelligence]. *Radiolokaciya, navigaciya, svyaz': Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii*, 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 stohasticheskix 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 tekhnicheskoj 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 dinamicheskoj 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 filiala 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 kolichestvenno jocenki ugroz informacionnoj bezopasnosti telekommunikacionnyh sistem i setej* [Improvement of methods and quantitative assessment of threats to information security of telecommunication systems and networks]. *Sovremennayanauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki, Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, No. 2, pp. 77–84 (in Russian).