

Эргооптимизация системы обеспечения функциональной устойчивости объектов критической информационной инфраструктуры в условиях деструктивного электромагнитного воздействия

Одним из противоречий эргономического обеспечения разработки и эксплуатации новейших образцов техники является отсутствие оптимизационных моделей обоснования эргономических требований на ранних стадиях проектирования. Для устранения данного противоречия в данном исследовании рассматривается метод эргооптимизации экономических затрат при проектировании объектов критической информационной инфраструктуры в условиях воздействия электромагнитных импульсов с целью максимизации предотвращаемого ущерба.

Разработанный авторами подход позволяет обосновать выбор мероприятий обеспечения функциональной устойчивости данных объектов и базируется на интеллектуальной технологии оптимизации и стабилизации систем.

В перспективных исследованиях предполагается осуществить оценку экономического эффекта от реализации эргономических требований, как в процессе разработки, так и эксплуатации объектов критической информационной инфраструктуры.

Ключевые слова: технология оптимизации и стабилизации, объекты критической инфраструктуры; система обеспечения функциональной устойчивости; электромагнитные импульсы.

**A.A. Dvilyansky,
V.A. Ivanov,
M.Yu. Konyshev**

Ergo optimization of the system for ensuring functional stability of objects of critical information infrastructure in conditions of destructive electromagnetic impact

One of the contradictions in the ergonomic support for developing and operating the latest equipment is the lack of optimization models for substantiating ergonomic requirements at the early stages of design. To eliminate this contradiction, this study considers the method of ergo-optimization of economic costs in designing critical information infrastructure facilities under the influence of electromagnetic pulses to maximize the prevented damage.

The approach developed by the authors makes it possible to justify the choice of measures to ensure the functional stability of these objects and is based on intelligent technology for optimizing and stabilizing systems.

In prospective studies, it is planned to assess the economic effect of implementing ergonomic requirements, both in the development process and in operating critical information infrastructure facilities.

Keywords: optimization and stabilization technology, critical infrastructure facilities; functional stability assurance system; electromagnetic pulses.

Введение

Обеспечение устойчивого функционирования критической информационной инфраструктуры (КИИ) при воздействии мощными электромагнитными импульсами (ЭМИ) СВЧ-диапазона, на настоящий момент является важной задачей, ввиду того, что даже кратковременный выход из строя систем жизнеобеспечения деятельности общества и государства неминуемо приведет к функциональному коллапсу, последствия которого могут иметь необратимый характер. Электромагнитная безопасность объектов КИИ подразумевает проведение исследований в рамках разработки методов противодействия различным угрозам, в том числе и обеспечение их функциональной устойчивости при данном виде воздействий [1, 2], которую необходимо рассматривать как комплекс мероприятий по созданию системы, содержащей совокупность технических средств (ТС) и методов, обеспечивающих предотвращение функционального и катастрофического поражения компонентов (средств вычислительной техники – СВТ) объектов и возникновения внутренних (вспомогательных) электромагнитных излучений и наводок.

Построение системы обеспечения функциональной устойчивости (СОФУ) представляет собой итерационную последовательность: *постановка задач – проработка вариантов их осуществления – принятие решения*, что предопределяет комплексность решения данной задачи. В данном случае структурная оптимизация СОФУ будет заключаться в формировании такой системы, которая определит основные функциональные механизмы, необходимые для обеспечения экстремального значения показателя оптимальности системы при выделенных финансовых средствах C_{\max} на ее создание.

Показателем оптимальности СОФУ, вытекающим из ее функционального назначения, является уровень её надежности, обеспечиваемый системой, а критерием эффективности – требуемая вероятность решения задачи устойчивости (живучести и помехозащищенности) в фиксированный момент (интервал) времени [3].

Математическая формулировка задачи структурной оптимизации СОФУ имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \bar{G}(D_{\bar{G}}, M_{0\bar{G}}, F_{\bar{G}}) \in \arg \max R_3; \\ M_0 \in M_{\bar{B}}, C \in C_{\max}, R_3 \leq R_0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где – \bar{G} – вектор эффективности системы

объектов КИИ, соответствующий функциональному назначению системы защиты; $D_{\bar{G}}$ – структура системы в целом, заданная составом функциональных подсистем; $M_{0\bar{G}}$ – структура подсистемы мониторинга электромагнитной обстановки при обеспечении функциональной устойчивости в условиях воздействия деструктивных электромагнитных излучений (ДЭМИ), а также локализации (устранения) каналов утечки конфиденциальной информации, заданная оптимальным вариантом состава системы; $F_{\bar{G}}$ – функция цели управления свойствами указанной выше подсистемы; R_3 – затрачиваемый ресурс; R_0 – допустимый ресурс; $M_0 \in M_{\bar{B}}$ – подмножество оптимальных вариантов, входящее в множество $M_{\bar{B}}$ при строгом упорядочении показателей качества СОФУ $\bar{I} = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ – множество показателей качества СОФУ (степень подавления поля мощного ЭМИ СВЧ и ВЭМИН, коэффициент готовности подсистемы) [3, 4].

Для реализации концепции обеспечения функциональной устойчивости предлагается использовать технологию *ITOSS (Intellectual Technology of Optimization and Stabilization of Systems* – интеллектуальная технология оптимизации и стабилизации систем), предполагающую разработку и применение принципиально новых подходов к техническим решениям с учетом того, что в условиях функционирования разрозненные неравновесные компоненты системы либо конкурируют между собой, либо образуют новые соединения, стабилизирующие друг друга. Стабилизирующие подсистемы, в свою очередь, ориентированы на принципиально новые функции, возникающие из множества случайно возможных, и образуют устойчивые моды, подчиняющие себе другие подсистемы. В результате этого формируется новая стабильная структура системы, более рационально использующая существующие технологии функционирования с одновременным поиском комбинаций из существующих технологий и достижения предельного или максимального эффекта их применения. В условиях ограниченных ресурсов, при высоких требованиях к параметрам СОФУ, это становится достаточно актуально и приводит к снижению экономических издержек на её создание [4].

Учитывая проведенный анализ, выделим следующее: с помощью эволюционного выбора необходимо провести отбор наиболее эффективных технологий, которые в совокупности будут способствовать созданию СОФУ объектов КИИ с получением экономического

эффекта [5, 6].

Процесс выбора оптимальной траектории при использовании *ITOSS* удобно представить в виде графа, приведенного на рисунке 1.

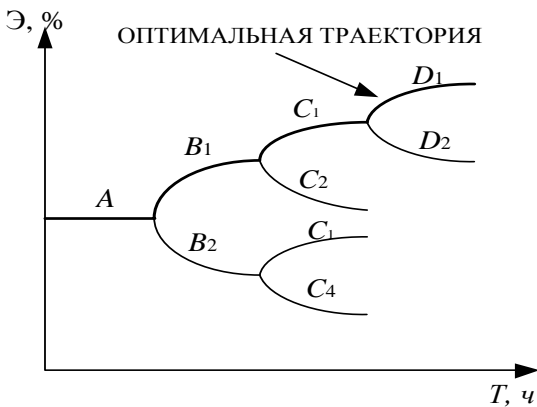


Рис. 1. Процесс выбора оптимальной траектории при использовании *ITOSS*

Допустим, что в наличии имеются исходные технологии защиты *A, B, C*. При этом для получения эффективной СОФУ необходимо либо разработать, либо приобрести недостающие современные технологии *D, G* и затем вложить финансовые средства для адаптации и согласования множества исходных технологий на рассматриваемом объекте [7]. При построении схемы (рис. 2) каждому ребру графа придадим вес – стоимость соответствующей технологии, а петле придадим вес стоимости внедрения (адаптации) на соответствующем объекте.

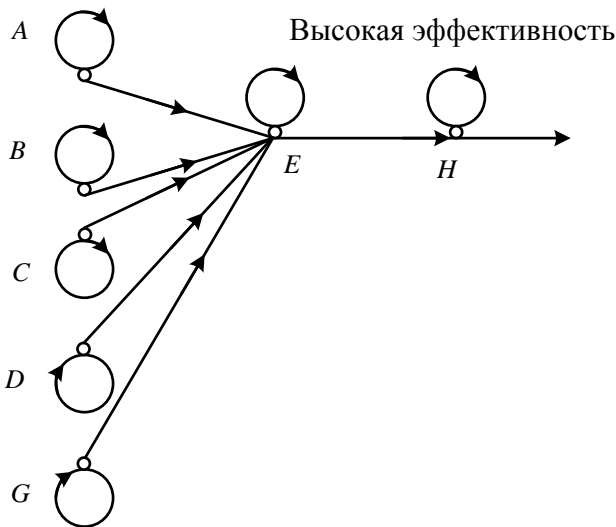


Рис. 2. Граф, характеризующий развитие новых технологий

На графе, полученную в итоге технологию обозначим *E* и, в соответствии с теорией множеств, она может быть определена следующим образом:

$$E = A \cup B \cup C \cup D \cup G. \quad (2)$$

Для этого необходимы дополнительные финансовые инвестиции, поэтому в результате от *E* переходим к технологии *H*, которая в общем случае может включать как приобретение, так и разработку новых технологий.

С этой целью необходимо проводить периодический мониторинг разрабатываемой технологии для выявления ее подкомпонентов, применимых в других системах аналогичного назначения (рис. 3).

Процесс формирования нужной технологии создания СОФУ объектов КИИ, характеризуется набором определенных свойств, которые создаются по мере прохождения звеном определенного цикла технологического процесса и может проявиться лишь на завершающих этапах. При этом каждое звено технологической цепи оказывает влияние на качественные характеристики параметра, что может быть оценено методом планирования эксперимента [4,7].

Считаем, что в конечной точке *Z* (рис. 3) должна быть создана технология, использование которой позволит получить с определенной вероятностью СОФУ, удовлетворяющую требованиям по живучести и защищенности объектов от излучений.

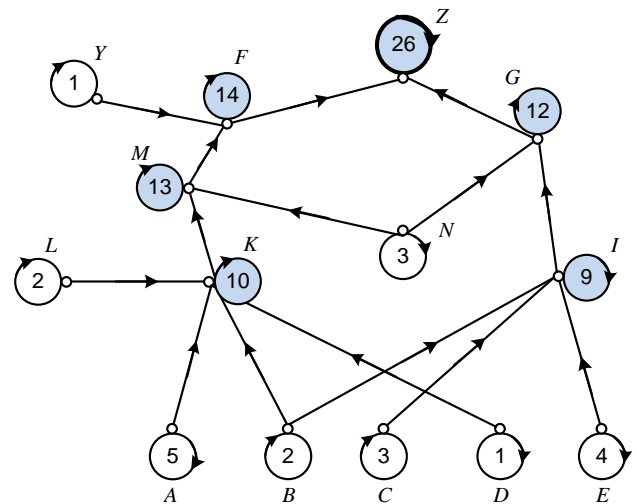


Рис. 3. Граф создания новой технологии

На начальном этапе имеются исходные технологии *A, B, C, D* (каждой вершине ста-

вится в соответствие определенная технология). Вместо того чтобы проводить несколько ребер между одними и теми же вершинами – A и K , можно провести всего одно ребро, приписать кратность, показывающую, сколько раз надо считать это ребро. В каждой неизолированной вершине графа имеется одно или несколько ребер, для которых A служит концом. Все эти ребра называются *инцидентными* вершине A . При этом существует n путей достижения вершины Z .

Этапы разработки технологии ITOSS

В рамках данной разработки необходим набор различных технологий, которые, в конечном итоге позволят спроектировать оптимальную технологию по ОФУ. Свойства первичных технологий A, B, C, D переносятся в конечное множество, причем несмотря на разные пути разработки, в конечном продукте присутствуют общие технологии B и N , другие связаны между собой более сложным образом. Каждому ребру присваивают «вес» – стоимость «технологии». С данными «технологиями» возможно проведение следующих операций: *объединение (сложение) множеств, пересечение множеств, дополнение множеств, включение одного множества в другое* и т. д.: $(A, B, D \rightarrow K \rightarrow M \rightarrow F \rightarrow Z)$ и $(E, B, C \rightarrow I \rightarrow G \rightarrow Z)$, при этом приобретаются множества технологий: в первом случае – L, N и Y , во втором – N , и разрабатываются технологии в вершинах K, M, F и Z – в первом случае; I, G, Z – во втором.

Для формализованного описания не имеет значения, сколько ребер (технологий) проводится между той или иной вершиной.

Таких соотношений в общем случае может быть получено n , а обоснованность выбора пути разработки новой «технологии» определяется, прежде всего, экономичностью: из n путей должен быть выбран n_j , имеющий наименьшую стоимость при условии, что параметры изделия или новой технологии одинаковы. Таким образом, необходимо выбрать компромиссное решение, чтобы наилучшим образом удовлетворять критериям: научно-технический уровень качества, надежность и стоимость, риск, конкурентоспособность и т. д. [4-7].

Качество функционирования СОФУ объектов от КИИ при воздействии ЭМИ во многом предопределяется выбором оптимальных вариантов (методов и способов) построения системы, исходя из наличия финансовых (бюд-

жетных) средств, выделяемых для достижения избранной цели. Подход к оптимизации такой системы посредством перебора всех ее вариантов в условиях жестких временных ограничений нереализуем из-за большой размерности задачи, снижение которой при разработке мероприятий обеспечения устойчивости объектов, как правило, обеспечивается некоторой эвристикой, а эффективность функционирования рассчитывается по критерию минимума привлекаемых сил и средств [8-10].

Основной характеристикой СОФУ является вероятность предотвращения ущерба $P_{DC\text{пред}}$, наносимого объекту КИИ в указанных условиях.

Обозначим общий предотвращенный СОФУ ущерб через \bar{D}_C , а предотвращенный ущерб за счет реализации мероприятий по защите через \bar{D}_{RS} . Сформулируем в общем виде задачу синтеза средств СОФУ объектов КИИ при воздействии ЭМИ: *необходимо выбрать такой вариант построения системы обеспечения функциональной устойчивости объектов критической информационной инфраструктуры, который обеспечивает минимизацию наносимого ущерба D_C в условиях воздействия электромагнитных импульсов при минимальных финансовых затратах Exp на ее создание.* Задача минимизации ущерба D_C заменяется эквивалентной ей задачей максимизации предотвращаемого ущерба \bar{D}_C при данном воздействии с учетом допустимых затрат, выделяемых на СОФУ Exp_{adm} при фиксированном векторе распределения средств воздействия $\bar{D}\bar{f}$.

Предотвращенный ущерб в общем виде определяется зависимостью $\bar{D}_C = F(p_{D_{ij}}; \bar{D}\bar{f}; P_{DC\text{пред}})$, а предотвращенный ущерб за счет реализации СОФУ зависимостью:

$$\bar{D}_{RS} = F(p_{D_{ij}}; \bar{D}\bar{f}; P_{DC\text{пред}}) \rightarrow \max. \quad (3)$$

С учетом выражения (3) задача оптимизации при построении СОФУ принимает вид:

$$\bar{I}(\bar{K})_{I-\bar{B}} \xrightarrow[\text{min}]{Exp_{adm} \rightarrow \text{min}} \bar{D}_{RS} \quad (4)$$

Стратегии «игроков» относительно решения задачи выбора оптимального вариант организации системы обеспечения функциональной устойчивости объектов КИИ представлены системами (5) и (6):

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m y_i &\rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^m \alpha_{ij} y_i &\geq 1, \quad j=1, \dots, n, \\ y_i &\geq 0, \quad i=1, \dots, m \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_j &\rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n \beta_{ij} x_j &\leq 1, \quad i=1, \dots, m, \\ x_j &\geq 0, \quad j=1, \dots, n, \end{aligned} \quad (6)$$

Ущерб D_C может определяться в абсолютных единицах: экономических потерях при катастрофических отказах элементов объектов (СВТ), временных затратах и объеме уничтоженной или «испорченной» информации и т. д.

Практически оценить ущерб весьма затруднительно, особенно на ранних этапах проектирования СОФУ, поэтому целесообразно, вместо *абсолютного ущерба* использовать *относительный ущерб*, представляющий степень опасности воздействия ЭМИ для объектов, которая может быть определена экспертным путем в предположении, что угроза применения ЭМИ по объекту составляют полную группу событий:

$$0 \leq D_C \leq 1; \sum_{\forall ij=1}^n D_{ij} = 1. \quad (7)$$

Задача синтеза и построения СОФУ объектов представляет собой нахождение оптимального варианта при поиске равновесия в смешанных стратегиях, применяемых в теории игр [8-10], для чего применяются следующие обозначения: *смешанная стратегия* p_i игрока i ($i=1, \dots, m$) в конечной бескоалиционной игре, т. е. полный набор вероятностей применения его чистых стратегий, образующих полную группу событий:

$$p_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{i, n_i}\}, \quad \sum_{j=1}^{n_i} p_{ij} = 1, \quad p_{ij} \geq 0, \quad j=1, \dots, n_i. \quad (8)$$

Стратегия p_i будет представлять возможность достижения максимума предотвращенного ущерба \bar{D}_{RS_i} . Множество смешанных стратегий S_i игрока i есть симплекс \sum_{m_i} , при этом смешанная стратегия $e_j \in S_i$ игрока i соответствует его j чистой стратегии.

Соответственно, *смешанной стратегией* q_j игрока j ($j=1, \dots, n$) в конечной бескоалиционной игре называется полный набор вероятностей применения его чистых стратегий:

$$q_j = \{q_{j1}, q_{j2}, \dots, q_{j, m_j}\}, \quad \sum_{i=1}^{m_j} q_{ji} = 1, \quad q_{ji} \geq 0, \quad i=1, \dots, m_j \quad (9)$$

и, также, представляет собой возможность достижения минимального расходования допустимых финансовых средств Exp_{admj} , необходимых для построения СОФУ объектов КИИ.

Решением в такой ситуации по *теореме фон Неймана* называют пару смешанных стратегий (p^{opt}, q^{opt}) , которая образует седловую точку функции $Pr_A(p, q)$, т. е. [8, 9]:

$$Pr_A(p, q^{opt}) \leq E_A(p^{opt}, q^{opt}) \leq Pr_A(p^{opt}, q), \quad p \in \sum_m, \quad q \in \sum_n, \quad (10)$$

где $p^{opt} \in \arg \max_{p \in \sum_m} \min_{1 \leq j \leq n} E_A(p, q)$, $q^{opt} \in \arg \min_{q \in \sum_n} \max_{1 \leq i \leq m} Pr_A(p, q)$ – оптимальные смешанные стратегии, как решение матричной игры [8-10].

Однако, наиболее сложным вопросом является определение вероятности оценки предотвращенного ущерба в условиях воздействия ЭМИ $\bar{P}_{D_C \text{пред}}$ при проектировании СОФУ, ко-

торая определяется полнотой учета качественных и количественных требований к СОФУ объектов КИИ при их проектировании т. е.

$$\bar{P}_{D_C \text{пред}} = f_i(x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{im}), \quad (11)$$

где x_{ij} – степень выполнения i -го требования к СОФУ для устранения j -го внешнего воздействия, $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$.

Степень выполнения i -го количественного требования определяется его близостью к требуемому или оптимальному значению. Для оценки степени выполнения i -го количественного требования к системе защиты объектов удобнее всего использовать его нормированное значение $x_{ij} (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}), 0 \leq x_{ij} < 1$.

Разложив функцию (11) в ряд Макларена и ограничиваясь первыми членами ряда, получим [10-13]:

$$\bar{P}_{D_{c-пред}} = P_{D_{c-пред}}(0) + \sum_{j=1}^m \frac{\partial P_{D_{c-пред}}}{\partial x_{ij}} \cdot x_{ij}, \quad (12)$$

где $P_{D_{c-пред}}(0) = 0$ – вероятность предотвращения СОФУ воздействия ЭМИ при невыполнении требований защиты; $\frac{\partial P_{D_{c-пред}}}{\partial x_{ij}} = \gamma_{ij}^{opt}$ – величина, ха-

рактеризующая степень влияния i -го требования на вероятность предотвращения системой воздействия ЭМИ. Очевидно, что $0 \leq \gamma_{ij}^{opt} \leq 1; \sum_{j=1}^m \gamma_{ij}^{opt} = 1$ для $i = \overline{1, n}$.

После подстановки в выражение (12) соответствующих значений получаем:

$$\bar{P}_{D_{c-пред}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \gamma_{ij}^{opt} \cdot \bar{x}_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \gamma_{ij}^{opt} \cdot \mu(x_{ij})^{opt}. \quad (13)$$

Таким образом, задача синтеза СОФУ объектов КИИ сводится к оптимальному обоснованию количественных и качественных требо-

ваний к системе при допустимых экономических затратах и принимает вид:

$$\max \bar{P}_{D_{c-пред}}(x_{ij}; i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}), \quad (14)$$

при ограничении $Exp(x_{ij}) \leq Exp_{доп}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$, т. е. при $\min Exp(x_{ij}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n})$.

При отсутствии информации об угрозах для решения задачи (14) может быть использован показатель следующего вида:

$$\bar{P}_{D_{c-пред}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \gamma_{ij}^{opt} \cdot \bar{x}_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \gamma_{ij}^{opt} \cdot \mu(x_{ij})^{opt}. \quad (15)$$

Вывод

Проблему обеспечения функциональной устойчивости объектов КИИ при воздействии ЭМИ следует рассматривать с точки зрения эргооптимизации и стабилизации систем, предполагающих разработку принципиально новых подходов к технологическим решениям в области обеспечения устойчивости сложных неравновесных систем на основе присущих им принципов самоорганизации, что в конечном итоге приведет к снижению экономических издержек и более рациональному использованию технологий обеспечения устойчивости или поиску комбинаций из существующих технологий с последующим нахождением оптимальной траектории для достижения максимального экономического эффекта. В перспективных исследованиях предполагается осуществить оценку экономического эффекта от реализации эргономических требований, как в процессе разработки, так и эксплуатации объектов критической информационной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Иванов, В.А.** Обеспечение безопасности инфотелекоммуникационных объектов при воздействии электромагнитного импульса. Материалы Второй международной научной конференции по проблемам безопасности и противодействия терроризму / В.А. Иванов, Е.В. Гречишников, А.А. Двилянский. - Московский государственный университет, 2006. - Москва: МЦНМО, 2007. - 664 с.
2. **Харкер, Д.** Интеллектуальные здания. Проектирование и эксплуатация информационной структуры / Д. Харкер, П. Бэкон, Дж. Снайдер и др. - Москва : Сети МП, 1996. - 386 с.
3. **Полежаев, А. П.** Оптимизация объектовой системы защиты информации об изделиях двойного назначения / А.П. Полежаев, В. И. Василец // Специальная техника, № 5. - Москва: Электрозавод, 1996. - С. 1-5.
4. **Двилянский, А. А.** Синергетический подход к по-

REFERENCES

1. **Ivanov, V. A.** Ensuring the Safety of Information and Telecommunication Facilities when Exposed to an Electromagnetic Pulse. Proceedings of the Second International Scientific Conference on Security and Counteraction to Terrorism / V. A. Ivanov, E. V. Grechishnikov, A. A. Dvilyansky. - Moscow State University, 2006. - Moscow: MCNMO, 2007. - 664 p.
2. **Harker, D.** Intellectual Buildings. Design and Operation of the Information Structure / D. Harker, P. Bacon, J. Snyder et al. - Moscow: Seti MP, 1996. - 386 p.
3. **Polezhaev, A. P.** Optimizing the Object System for Protecting Information about Dual-use Products / A. P. Polezhaev, V. I. Vasilets // Special equipment, no. 5. - Moscow: Electroza-vod, 1996. - pp. 1-5.
4. **Dvilyansky, A. A.** Synergetic Approach to Building a Sys-

строению системы защиты объектов инфокоммуникационных систем от электронных атак / А. А. Двилянский, В. А. Иванов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика: Научтехлитиздат. – 2015. – № 6. – С.7–16.

5. **Жерненко, А. С.** Многокритериальный выбор оптимальных **проектных** решений в телекоммуникациях : учеб. пособие / А. С. Жерненко, В. В. Маракулин. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 2010. – 60 с.

6. **Дорошенко, В. А.** Метод многокритериального выбора вариантов на основе генетического алгоритма / В. А. Дорошенко, Л. В. Друк, М. С. Усачев // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, № 3 (86). – Москва : ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – С. 160–166.

7. **Гудков, А. Г.** Взаимодействие технологических инноваций технологической наследственности в процессе эволюционного развития технологий / А. Г. Гудков, В. В. Попов // Научное издание. – 2011. – № 9. – С. 61–69.

8. **Писарук, Н. Н.** Введение в теорию игр / Н. Н. Писарук. – Минск: БГУ, 2015. – 256 с.

9. **Nash, J.** Equilibrium points in n-person games / J. Nash // Proceedings of the National Academy of Science. – 36 (1950). – 48–49.

10. **Перегудов, Ф. И.** Введение в системный анализ: учебное пособие для вузов / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – Москва: Высшая школа, 1989. – 367 с.

11. **Льюинг, Л.** Идентификация систем. Теория для пользователя / Л. Льюинг: пер. с англ. ; под ред. Я. З. Цыпкина. – Москва : Наука. гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 432 с.

12. **Двилянский, А. А.** Методология оценки комплексной защищенности объектов инфокоммуникационных систем от воздействия деструктивных электромагнитных излучений : монография / А. А. Двилянский, В.А. Иванов. – Орёл: Академия ФСО России, 2019. – 230 с.

13. **Двилянский А. А.** Оптимизация системы защиты информации объектов инфокоммуникационных систем от кибертеррористических угроз. / А. А. Двилянский, В. А. Иванов // «Информационные системы и технологии». Математическое и компьютерное моделирование. - № 3 (77) май-июнь. - С. 118-126.

tem for Protecting Objects of Infocommunication Systems from Electronic Attacks / A. A. Dvilyansky, V. A. Ivanov // Devices and Systems. Management, Control, Diagnostics: Nauchtekhlitizdat. – 2015. – no. 6. – pp. 7-16.

5. **Zhernenko, A. S.** Multicriteria Choice of Optimal Design Solutions in Telecommunications: studies. allowance / A. S. Zhernenko, V. V. Marakulin. – St. Petersburg: St. Petersburg state. University of Telecommunications. prof. M. A. Bonch-Bruevich, 2010. – 60 p.

6. **Doroshenko, V. A.** Method of Multicriteria Choice of Options Based on Genetic Algorithm / V. A. Doroshenko, L. V. Druk, M. S. Usachev // Bulletin of MGUL. – Lesnoy Bulletin, no. 3 (86). – Moscow: FGBOU VPO MGUL, 2012. – pp. 160–166.

7. **Gudkov, A. G.** Interaction of Technological Innovations of Technological Heredity in the Process of Evolutionary Development of Technologies / A. G. Gudkov, V. V. Popov // Science-intensive technologies. – 2011. – no. 9. – pp. 61-69.

8. **Pisaruk, N. N.** Introduction to the Theory of Games / N. N. Pisaruk. – Minsk: BSU, 2015. – 256 p.

9. **Nash, J.** Equilibrium points in n-person games / J. Nash // Proceedings of the National Academy of Science. – 36 (1950). – pp. 48-49.

10. **Peregudov, F. I.** Introduction to System Analysis: a textbook for universities / F. I. Peregudov, F. P. Tarasenko. – Moscow: Higher school, 1989. – 367 p.

11. **Lewing, L.** System Identification. Theory for the User / L. Lewing: trans. from English ; ed. Ya. Z. Tsyarkin. – Moscow: Nauka. ch. ed. phys.-mat. lit., 1991. – 432 p.

12. **Dvilyansky, A. A.** Methodology for Assessing the Complex Security of Infocommunication Systems Objects from the Impact of Destructive Electromagnetic Radiation: monograph / A. A. Dvilyansky, V.A. Ivanov. – Oryol: Russian Federation Security Guard Service Federal Academy, 2019. – 230 p.

13. **Dvilyanskiy A. A.** Optimizing the Information Protection System of Information Communication System Objects from Cyber-terrorist Threats. / A. A. Dvilyansky, V. A. Ivanov // Information systems and technologies. Mathematical and computer modelling. – no. 3 (77) May-June. – pp. 118-126.

Ссылка для цитирования:

Двилянский, А. А. Эргооптимизация системы обеспечения функциональной устойчивости объектов критической информационной инфраструктуры в условиях деструктивного электромагнитного воздействия / А. А. Двилянский, В.А. Иванов, М.Ю. Коньшев // Эргодизайн. – 2021 - №2 (12). – С. 118 -125. DOI:10.30987/2658-4026-2021-2-118-125.

Сведения об авторах:

Двилянский Алексей Аркадьевич
ФГКВООУ ВО Академия Федеральной
службы охраны России, сотрудник академии
канд. техн. наук, доцент
т. +7 (4862) 54-98-90

Abstracts:

A. A. Dvilyansky
FSBEI HE Russian Federation Security Guard Service Federal Academy, employee of the academy
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
т. +7 (4862) 54-98-90

E-mail: advil@mail.ru
ORCID 0000-0002-0648-3651

Иванов Владимир Алексеевич

ФГУП «НТЦ» ОРИОН»
главный специалист научно-организационного отдела
доктор военных наук, профессор
т. +7 926 474 78 12
ORCID

Коньшев Михаил Юрьевич

ФГУП «НТЦ» ОРИОН»
начальник научно-организационного отдела
Доктор технических наук, доцент
т. +7926 474 78 12
ORCID

E-mail: advil@mail.ru
ORCID 0000-0002-0648-3651

V.A. Ivanov

FSUE “STC” ORION”, chief specialist of the scientific and
organizational department
Doctor of Military Sciences, Professor
т. +7 926 474 78 12
ORCID

M.Yu. Konyshev

FSUE “STC” ORION”, head of the scientific and organiza-
tional department
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
т. +7926 474 78 12
ORCID

Статья поступила в редколлегию 20.04.2021г.
Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета
член редакционного совета журнала «Эргодизайн»
Аверченков В.И.

Статья принята к публикации 30.04.2021 г.