

Вестник Череповецкого государственного университета. 2024. № 5 (122). С. 74–83.
Cherepovets State University Bulletin, 2024, no. 5 (122), pp. 74–83.

Научная статья

УДК 004

<https://doi.org/10.23859/1994-0637-2024-5-122-7>

EDN: VEQISY

Информационный вес тревожного сообщения как показатель эффективности технического средства обнаружения

Михаил Евгеньевич Рычаго

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,

Москва, Россия,

Владимирский юридический институт ФСИН России,

Владимир, Россия,

rychagom@yandex.ru, MErychago@fa.ru, <https://orcid.org/0009-0008-0781-7933>

Аннотация. Статья посвящена вопросам получения расчетных оценок информационного веса сообщения о тревоге, вырабатываемого техническим средством обнаружения в результате негативного воздействия произвольного характера. Построены расчетные примеры и предложен алгоритм вычисления информационной емкости, в зависимости от геометрии формируемой зоны обнаружения и настроек чувствительности технического средства. Приведена классификация технических средств обнаружения по степени информативности тревожного сообщения и высказаны некоторые предложения по совершенствованию существующих моделей и алгоритмов получения комплексных оценок эффективности охраняемых систем в рамках рассмотренного в статье информационного подхода.

Ключевые слова: зона обнаружения, информационный вес, алгоритм расчета информационного веса, техническое средство обнаружения, эффективность системы охраны

Для цитирования: Рычаго М. Е. Информационный вес тревожного сообщения как показатель эффективности технического средства обнаружения // Вестник Череповецкого государственного университета. 2024. № 5 (122). С. 74–83. <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2024-5-122-7>

The information weight of an alarm message as an indicator to assess the effectiveness of a technical detection device

Mikhail E. Rychago

Financial University under the Government of the Russian Federation,

Moscow, Russia,

Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service,

Vladimir, Russia,

rychagom@yandex.ru, MErychago@fa.ru, <https://orcid.org/0009-0008-0781-7933>

Abstract. The article examines calculated estimates of the information weight of an alarm message generated by a technical detection tool as a result of an arbitrary negative impact. Calculation examples are constructed and an algorithm for calculating the information capacity is proposed,

depending on the geometry of the formed detection zone and sensitivity settings of the technical means. The author gives the classification of detection equipment according to the degree of information content of the alarm message and makes some suggestions to improve existing models and algorithms for obtaining comprehensive assessments of the security system effectiveness within the framework of the information approach considered in the article.

Keywords: detection zone, information weight, the algorithm for calculating the information weight, technical detection device effectiveness of the security system

For citation: Rychago M. E. The information weight of an alarm message as an indicator to assess the effectiveness of a technical detection device. *Cherepovets State University Bulletin*, 2024, no. 5 (122), pp. 74–83. (In Russ.) <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2024-5-122-7>

Введение

Актуальность получения аналитических оценок эффективности функционирования инженерно-технического обеспечения охраняемых объектов, в том числе объектов охраны учреждений уголовно-исполнительной системы Российской Федерации (далее – УИС), трудно переоценить.

В ведомственной научной литературе неоднократно и широко обсуждались различные аспекты функционирования технических средств обнаружения (далее – ТСО), формирующих на линии охраны учреждения соответствующие рубежи обнаружения с целью пресечения любых негативных воздействий и угроз, особенно с внутренней стороны периметра охраняемого объекта УИС.

Обзор наиболее актуальных и широко обсуждаемых математических моделей, призванных оценить (или измерить, т. е. выразить количественно) эффективность действующей системы охраны объекта, можно найти в работе Е. Г. Царьковой¹. Универсальная модель комплексной оценки защищенности периметра охраняемого объекта УИС разработана автором² на основе математического метода анализа иерархий с помощью системы экспертных оценок, например, в рамках комиссионных обследований учреждения в целях категорирования комплекса инженерно-технических средств охраны и надзора (далее – ИТСОН), установленного на объекте охраны.

Несмотря на значительный интерес к проблемам оценки эффективности действующих комплексов ИТСОН, всей системы охраны в целом, проявляемый не только в научной среде, но и в практической сфере эксплуатации охранных систем и комплексов, утверждать об однозначном и полном решении проблемы не приходится. Возможно, достоверная оценка эффективности может быть получена в рамках рассмотрения отдельных аспектов функционирования системы охраны. Косвенным подтверждением высказанной гипотезы могут послужить новые работы, в которых

¹ Царькова Е. Г. Чем измерить эффективность: методы оценки эффективности систем физической защиты охраняемых объектов УИС // Актуальные вопросы информатизации Федеральной службы исполнения наказаний на современном этапе развития уголовно-исполнительной системы: сборник материалов круглого стола (г. Тверь, 24 июня 2019 г.). Тверь: ФКУ НИИИТ ФСИН России, 2019. С. 189–202.

² Рычаго М. Е. Универсальная модель оценки эффективности системы охраны периметра исправительного учреждения // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2020. № 1. С. 119–127.

предметом изучения становятся отдельные элементы систем. Так, например, в недавнем выпуске журнала «Вестник Воронежского института ФСИН России» опубликована интересная статья¹, в которой построен оригинальный алгоритм оценки нормальной работы технических средств охраны периметра учреждения на основе исследования статистики ложных срабатываний ТСО. При этом предложен порядок оценки границ (коридора) количества ложных срабатываний технического средства, выход за которые будет свидетельствовать о существенном сбое системы (утрате ее нормального функционирования, потере защищенности), выразившемся в превышении допустимого числа ложных сработок технического средства.

В настоящей статье изучению подвергается другой аспект функционирования технического средства обнаружения, установленного на периметре объекта, а именно его информационная емкость или, по-другому, информационный вес, который несет в себе информационное сообщение о тревожном сигнале ТСО. Мы рассмотрим один из важнейших аспектов функционирования охранной системы, связанный с протекающими в ней информационными процессами.

Постановка задачи

В 2014 г. в диссертации О. В. Исаева² построена интересная имитационная модель информационной структуры охранной системы, учитывающая динамику ее эволюции, и рассмотрены вопросы информационного взаимодействия элементов охранных систем в условиях негативных воздействий различных классов. В информационном подходе О. В. Исаева ключевым фактором является информация, а построенная графовая модель взаимодействия элементов охранной системы и негативного воздействия на нее является информационной моделью. Там же приведена интересная модель определения эффективности системы охраны на основе информационной емкости технических средств обнаружения Ю. А. Оленина³, которую, по-видимому, можно считать одной из первых моделей данного класса.

Поскольку охранный извещатель (независимо от типа физического принципа обнаружения и др. параметров), установленный на периметре, генерирует информационный сигнал, нормального или тревожного характера, непрерывно формируемый в коммуникационной среде, то вопрос о вычислении информационного веса такого сигнала в информационных единицах представляется существенным с точки зрения количественной оценки пропускной способности информационной системы.

Отталкиваясь от определения Ю. А. Оленина и обозначений, применяемых другими авторами⁴, введем понятие информационной емкости носителя информации.

¹ Конобеевских В. В., Калач А. В., Перегудов А. Н., Саидов Т. Х. Мониторинг системы охраны объекта ФСИН России на основе статистического анализа технических средств // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2023. № 2. С. 66–72.

² Исаев О. В. Разработка моделей и алгоритмов анализа эффективности информационных структур и процессов охранных систем: дис. ... канд. техн. наук. Белгород: [б. и.], 2014. 177 с.

³ Оленин Ю. А. Основы систем безопасности объектов: в 2-х ч. Ч. 1. Введение в системы охранной безопасности. Пенза: Пензенский государственный университет, 2002. 155 с.

⁴ Сальников И. И. Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений. Москва: Физико-математическая литература, 2009. 248 с.

Пусть I – искомая величина, характеризующая количественно (в битах) пространственно-временной сигнал, формируемый ТСО. Оценим эту величину по классической формуле Хартли (1928 г.), с учетом подсчета всех равновозможных состояний сигнала во времени и в пространстве.

Тогда объем информации, получаемый от ТСО, может быть наиболее общим способом определен по формуле:

$$I_{V,D} = \log_2(N_T N_V N_D), \quad (1)$$

где V – индекс размерности пространства обнаружения, принимающий одно из четырех значений: 0,1,2,3; N_V – число степеней свободы пространственной зоны обнаружения; N_T – число степеней свободы временной части сигнала; N_D – число возможных состояний отсчета (B – бинарное, M – многоальтернативное).

Очевидно, что формула (1) максимально упростится в случае отсутствия временной составляющей сигнала: $N_T = 1$, а также при условии $N_D = N_B = 2$, что означает возможность только двух информационных состояний ТСО (0 – «норма» и 1 – «тревога»). Тогда можно получить минимально возможный информационный вес тревожного сигнала:

$$I_{0,B} = \log_2(2N_0) = \log_2 2 = 1(\text{бит}).$$

Таким образом, простейший случай реализации формулы (1) соответствует «точечной» зоне обнаружения, которая может быть сформирована любым датчиком магнитно-контактного, контактно-разрывного или вибрационного действия.

Расчетные примеры

Проведем расчеты по формуле (1) последовательно для ТСО, формируемых пространственные тревожные сигналы, как результат негативного воздействия на чувствительный элемент устройства (далее – ЧЭ) с линейной, плоской или пространственной геометрией охраняемой зоны. Сам характер воздействия и его причины (попытка проникновения нарушителя, посторонние помехи, перепады напряжения и др.) здесь не важны, ключевым является воздействие на ЧЭ, вызвавшее тревожный сигнал (сообщение), информационный вес которого необходимо рассчитать.

Для удобства восприятия и дальнейшего сравнительного анализа условимся ограничить линейные размеры охраняемой зоны величиной 200 м вдоль линии охраны, а в двух других ортогональных направлениях – до 1–2 м. Минимальные размеры линейного, плоского и пространственного растров (элементов или, как говорят, «информационных контактов») будем считать примерно равными 0,1 м, 0,01 м², 0,001 м³ соответственно. Несложно представить, какие настройки чувствительности прибора будут соответствовать избранным значениям растров, если иметь в виду конкретное ТСО, стоящее на вооружении подразделений охраны. Опуская излишние вычислительные подробности, все результаты расчетов информационного веса тре-

возного сообщения по формуле (1) представим в таблице для каждого типа ТСО. Принятая нами градация ТСО по виду зоны обнаружения соответствует общепринятой классификации¹ и попутно формирует новую классификацию ТСО по степени возрастания информационного веса формируемого тревожного сообщения.

Таблица

Расчет информационного веса ТСО разного типа
при сделанных предположениях относительно параметров зоны обнаружения

Вид зоны обнаружения (размерность)	Вид формулы (1)	Геометрические параметры	Информационный вес	Примечание (тип датчика)
Точечная (0)	$I_{0,B} = \log_2(2N_0)$	-	1 бит	магнито-контактный (типа «Геркон»)
Линейная (1)	$I_{1,B} = \log_2\left(2 \frac{L}{\Delta L}\right)$	$L = 200\text{ м}$ $\Delta L = 0,2\text{ м}$	11 бит	Инфракрасный (типа «Мак»)
Плоская (2)	$I_{1,B} = \log_2\left(2 \frac{S}{\Delta S}\right)$	$S = 200\text{ м}^2$ $\Delta S = 0,05\text{ м}^2$	13 бит	Трибо-электрический (типа «Ежевика»)
Объемная (3)	$I_{3,B} = \log_2\left(2 \frac{V}{\Delta V}\right)$	$V = 0,1\pi 200\text{ м}^3$ $\Delta V = 0,1\pi 0,01\text{ м}^3$	15 бит	Проводно-волновой (типа «Рельеф»)

Поясним расчет информационного веса по последней строке таблицы, где формируемая проводноволновым извещателем зона обнаружения является эллиптическим цилиндром с полуосями эллипса, принятыми нами в значениях 0,5 м и 0,1 м соответственно. Тогда вычисления информационно веса по формуле (1) имеют вид:

$$I_{3,B} = \log_2\left(2 \cdot \frac{\pi \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 200}{\pi \cdot 0,1^3}\right) = 1 + 1 + 4 \log_2 10 \approx 15 (\text{бит}).$$

Из приведенных в таблице расчетных результатов хорошо видны изменения (рост) информационной емкости ТСО с ростом размерности контролируемой зоны. Этот вывод представляется вполне естественным, так как при увеличении пространства контролируемой зоны степень неопределенности пространственного положения элемента негативного воздействия становится выше, что приводит к увеличению объема тревожного сообщения в соответствии с классическим подходом к измерению информации как степени убывания энтропии. Опыт практического применения

¹ Рыкунов В. Д. Охранные системы и технические средства физической защиты объектов. Москва: Секьюрити Фокус, 2019. 284 с.

ТСО в системах охраны объектов различного назначения также показывает предпочтение тех средств, которые формируют преимущественно объемные зоны обнаружения (проводноволновые, радиолучевые и др.) над оптическими и вибрационными средствами с меньшей размерностью зоны обнаружения, что хорошо согласуется с расчетными оценками их информационной емкости. Стоит подчеркнуть, что характер наблюдаемого роста нелинейный, логарифмический и, вообще говоря, информационный вес тревожного сигнала пространственного характера, без учета временной составляющей сигнала, возрастает не столь резко, как могло бы ожидаться, исходя из геометрических параметров контролируемой зоны.

Как видно из приведенных расчетных примеров, процесс отыскания информационного веса тревожного сообщения носит ярко выраженный алгоритмический характер и может быть описан алгоритмическим языком. В качестве иллюстрации алгоритма введем в рассмотрение следующую блок-схему, разработанную в принятых выше предположениях, что $N_T = 1$ и $N_D = 2$ (см. рис. 1). При этом отметим, что расчет параметра N_V производится по формулам, приведенным в таблице, в зависимости от геометрических параметров эксплуатации и настроек чувствительности конкретного прибора.

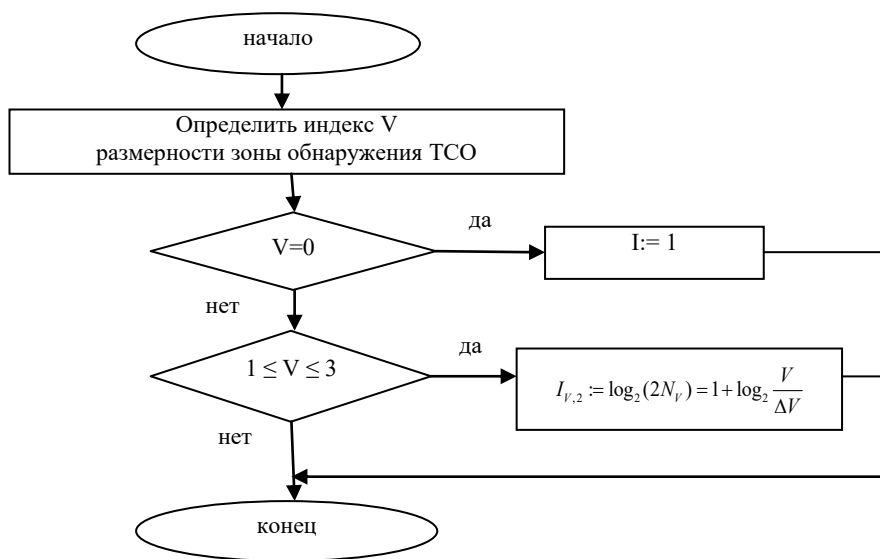


Рис. 1. Алгоритм нахождения информационного веса тревожного сообщения ТСО в зависимости от индекса размерности контролируемой зоны

Выводы и возможные обобщения

Таким образом, аналитическая оценка информационной емкости ТСО, выраженная в единицах измерения информации, позволяет оценить информационный вес формируемого пространственно-временного сигнала, вызванного негативным воз-

действием, и посредством этого оценить степень опасности негативного воздействия для периметра охранной системы. При этом можно следовать такому принципу: больший информационный вес – выше устранение неопределенности (вызванной большим числом степеней свободы), точнее степень ответной реакции системы охраны.

Обсудим кратко одно возможное обобщение рассмотренного здесь информационного подхода. Пусть $K \geq 1$ – некоторый числовой параметр, характеризующий максимальную информационную емкость всей информационной среды, связанной с системой охраны периметра в целом. Например, это может быть некоторая количественная величина, ограничивающая максимальную пропускную способность информационной системы охраны. Тогда можно ввести функцию $Q = Q(I)$, характеризующую информационную эффективность системы, как зависимость оценки эффективности рассматриваемого способа обнаружения от информационного веса тревожного сообщения на основе известной модели типа Ферхюльста :

$$\frac{dQ}{dI} = \lambda Q \cdot \left(1 - \frac{Q}{K}\right), \quad (2)$$

где $\lambda = \text{const} > 0$ – некоторый коэффициент пропорциональности, $K \geq 1$ – некоторая величина, характеризующая «предельную» информационную емкость охранной системы. Если решить дифференциальное уравнение (2) относительно Q при начальном условии $Q(1) = Q_0$, то можно выписать зависимость показателя эффективности от информационного веса тревожного сообщения в следующем виде:

$$Q(I) = \frac{K}{1 + B \cdot e^{-\lambda \cdot (I-1)}},$$

где параметр $B = \frac{K - Q_0}{Q_0}$ показывает относительный «запас» информационной среды по сравнению с начальной загрузкой Q_0 , отвечающей минимально возможному весу тревожного сообщения в $I = 1$ бит (для ТСО с точечной зоной обнаружения). Общий вид кривой $Q(I)$ при значениях параметров $K = 1$, $B = 1$, $\lambda = 0,5$ показан на рис. 2.

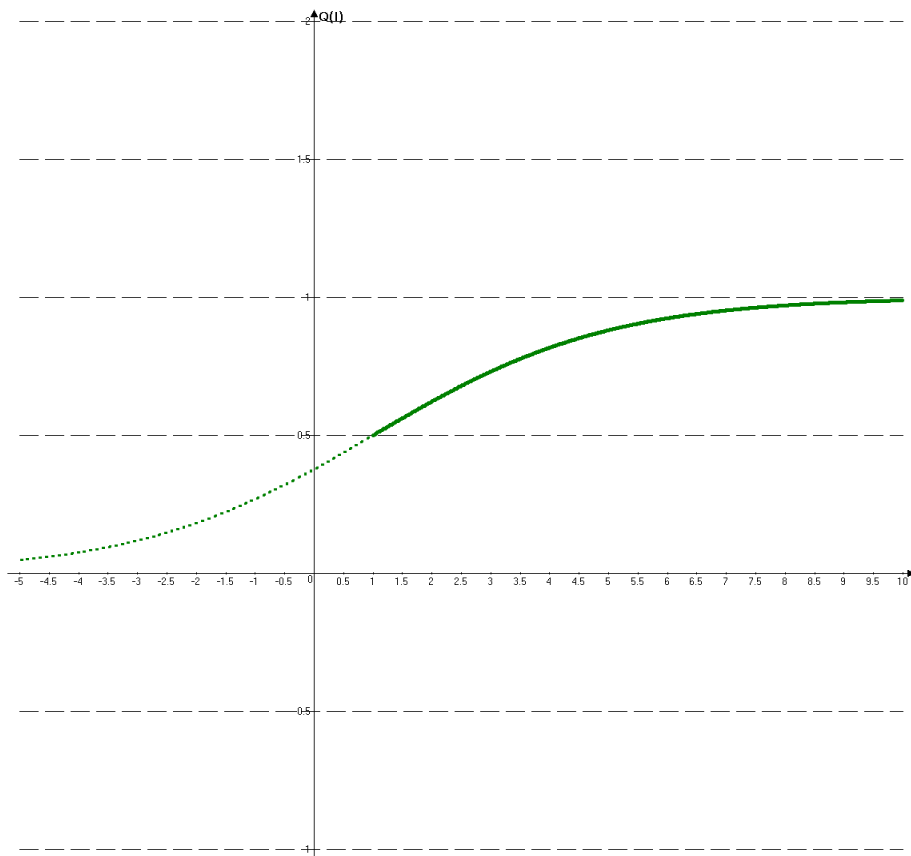


Рис. 2. График функции $Q(I) = \frac{K}{1 + B \cdot e^{-\lambda(I-1)}}$ при $K=1, B=1, \lambda=0,5$

Из графика функции эффективности (основная линия графика показана при $I \geq 1$) видно, что при росте информационного веса тревожного сообщения наблюдается логистический рост показателя Q , асимптотически приближающийся к максимальной «информационной емкости» среды $Q = K$. Отсюда ясно, что при изменении способа обнаружения конкретного ТСО на более эффективное, увеличивающего вес тревожного сообщения от единичного, сначала наблюдается резкое увеличение показателя Q . Однако при дальнейшем наращивании ТСО, формирующим значительные зоны контроля, рост эффективности замедляется, так как не может превысить предельного значения. Такой вывод, связанный с ограничениями на максимальный уровень информационной емкости, вполне естественен. С практической точки зрения, это означает, что неограниченное наращивание информационного веса тревожного сообщения может приводить к необоснованным расходам на ТСО, которые, в свою очередь, могут превысить пропускные возможности информационно-

телекоммуникационной сети (далее – ИТС) охранной системы. Относительно возможностей аналитической оценки и формализации структур и процессов самоорганизации и саморазвития ИТС в нейро-нечеткой агентно-ориентированной парадигме см. работу А. А. Суконщикова¹, в которой обозначена «проблема постоянного и своевременного совершенствования ИТС, реконфигурации архитектуры вычислительных сетей, адаптации к изменяющимся требованиям как внутренней, так и внешней информационной среды», и сформулированы основные подходы к ее решению.

В заключение подчеркнем, что представленный в статье алгоритм расчета информационных характеристик ТСО в рамках информационного подхода, на наш взгляд, наряду с другими методами (например, оценкой статистики ложных срабатываний ТСО), может служить комплексным средством количественной оценки потенциальной нагрузки на ИТС, отвечающей за функционирование рубежей охраны в интегрированной системе безопасности охраняемого объекта, что представляется важным и перспективным, как с теоретических позиций, так и с практической точки зрения.

Список литературы / References

Исаев О. В. *Разработка моделей и алгоритмов анализа эффективности информационных структур и процессов охранных систем: дис. ... канд. техн. наук.* Белгород: [б. и.], 2014. 177 с.

Isaev O. V. *Development of models and algorithms for analysing the efficiency of information structures and processes of security systems: Cand. thesis in Technical Sciences.* Belgorod, 2014. 177 p. (In Russ.)

Конобеевских В. В., Калач А. В., Перегудов А. Н., Саидов Х. Т. Мониторинг системы охраны объекта ФСИН России на основе статистического анализа технических средств. *Вестник Воронежского института ФСИН России*, 2023, № 2, с. 66–72.

Konobeevskikh V. V., Kalach A. V., Peregudov A. N., Saidov Kh. T. Monitoring the security system of the faculty of the Federal Penitentiary Service of Russia on the basis of statistical analysis of technical means. *Proceedings of Voronezh Institute of the Russian Federal Penitentiary Service*, 2023, no. 2, pp. 66–72. (In Russ.)

Оленин Ю. А. *Основы систем безопасности объектов: в 2-х ч. Ч. 1. Введение в системы охранной безопасности.* Пенза: Пензенский государственный университет, 2002. 155 с.

Olenin Yu. A. *Fundamentals of facility security systems: in 2 parts. Part 1. Introduction to security system.* Penza: Penzenskii gosudarstvennyi universitet, 2002. 155 p. (In Russ.)

Рыкунов В. Д. *Охранные системы и технические средства физической защиты объектов.* Москва: Секьюрити Фокус, 2019. 284 с.

Rykunov V. D. *Security systems and technical means of facility physical protection.* Moscow: Sek'iuriti Fokus, 2019. 284 p. (In Russ.)

¹ Суконщиков А. А., Швецов А. Н., Андрианов М. А., Кочкин Д. В. Принципы построения самоорганизующихся информационно-телекоммуникационных систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2021. № 1 (100). С. 56–67.

Рычаго М. Е. Универсальная модель оценки эффективности системы охраны периметра исправительного учреждения. *Вестник Воронежского института ФСИН России*, 2020, № 1, с. 119–127.

Rychago M. E. A universal model for assessing the effectiveness of a perimeter security system in a correctional institution. *Proceedings of Voronezh Institute of the Russian Federal Penitentiary Service*, 2020, no. 1, pp. 119–127. (In Russ.)

Сальников И. И. *Растровые пространственно-временные сигналы в системах анализа изображений*. Москва: Физико-математическая литература, 2009. 248 с.

Sal'nikov I. I. *Raster spatial-temporal signals in systems of image analysis*. Moscow: Fiziko-matematicheskaya literatura, 2009. 248 p. (In Russ.)

Суконщиков А. А., Швецов А. Н., Андрианов М. А., Кочкин Д. В. Принципы построения самоорганизующихся информационно-телекоммуникационных систем. *Вестник Череповецкого государственного университета*, 2021, № 1 (100), с. 56–67.

Sukonshchikov A. A., Shvetsov A. N., Andrianov M. A., Kochkin D. V. Principles of building self-organizing information and telecommunication systems. *Cherepovets State University Bulletin*, 2021, no. 1 (100), pp. 56–67. (In Russ.)

Царькова Е. Г. Чем измерить эффективность: методы оценки эффективности систем физической защиты охраняемых объектов УИС. *Актуальные вопросы информатизации Федеральной службы исполнения наказаний на современном этапе развития уголовно-исполнительной системы: сборник материалов круглого стола (г. Тверь, 24 июня 2019 г.)*. Тверь: ФКУ НИИИТ ФСИН России, 2019. С. 189–202.

Tsar'kova E. G. How to measure efficiency: methods for assessing the effectiveness of physical protection systems for guarded facilities of the penal correctional system. *Topical issues of informatisation of Federal Penitentiary Service at the current stage of development of the penal correctional system: Proceedings of the round table (Tver, 24 June 2019)*. Tver': FKU NIIT FSIN Ros-sii, 2019, pp. 189–202. (In Russ.)

Сведения об авторе

Михаил Евгеньевич Рычаго – кандидат физико-математических наук, доцент; <https://orcid.org/0009-0008-0781-7933>, rychagom@yandex.ru, MErychago@fa.ru, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (д. 49/2, пр-т Ленинградский, 125167 Москва, Россия), Владимирский юридический институт ФСИН России (д. 67, ул. Б. Нижегородская, 600020 Владимир, Россия); **Mikhail E. Rychago** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0008-0781-7933>, rychagom@yandex.ru, MErychago@fa.ru, Financial University under the Government of the Russian Federation (49/2, pr. Leningradskii, 125167 Moscow, Russia), Vladimir Law Institute of the Federal Penitentiary Service (67, ul. B. Nizhegorodskaya, 600020 Vladimir, Russia).

Статья поступила в редакцию 22.02.2024; одобрена после рецензирования 21.06.2024; принята к публикации 05.07.2024.

The article was submitted 22.02.2024; Approved after reviewing 21.06.2024; Accepted for publication 05.07.2024.