

УДК 519.83

DOI: [10.26102/2310-6018/2026.60.9.013](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2026.60.9.013)

Математическая модель оптимизации мероприятий по обеспечению безопасности объектов на основе матричных игр

Н.П. Сергеев✉, Л.В. Степанов, В.С. Зарубин

Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация

Резюме. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью формализации антагонистического противостояния между мероприятиями по обеспечению безопасности объектов и эксплуатационными уязвимостями систем при одновременном учете неопределенности и ограниченности ресурсов. В связи с этим данная статья направлена на разработку математической модели, позволяющей обоснованно выбирать оптимальный состав защитных мероприятий в условиях конфликта. Ведущим подходом к исследованию данной проблемы является аппарат матричных игр, позволяющий комплексно рассмотреть взаимодействие стратегий защиты и деструктивных факторов на основе единых экспертных критериев. В статье представлены три варианта формирования платежной матрицы (однородные и неоднородные стратегии, прямая экспертная оценка взаимного влияния), раскрыты механизмы поиска решения в чистых стратегиях через седловую точку, выявлены условия, при которых решение существует только в смешанных стратегиях, и обоснован способ расчета пропорций комбинирования разнородных средств защиты для достижения гарантированного результата. Материалы статьи представляют практическую ценность для специалистов, проектирующих системы физической и информационной безопасности, а также для лиц, принимающих решения по распределению ограниченных ресурсов на объектах защиты в условиях осознанного противодействия.

Ключевые слова: математическое моделирование, теория игр, матричная игра, антагонистическая игра, безопасность объекта, мероприятие по обеспечению безопасности, уязвимость, экспертная оценка, седловая точка, смешанные стратегии.

Для цитирования: Сергеев Н.П., Степанов Л.В., Зарубин В.С. Математическая модель оптимизации мероприятий по обеспечению безопасности объектов на основе матричных игр. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2026;14(9). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2391> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.60.9.013

A mathematical model for optimizing security measures for facilities based on matrix games

N.P. Sergeev✉, L.V. Stepanov, V.S. Zarubin

Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, the Russian Federation

Abstract. The relevance of this study stems from the need to formalize the antagonistic confrontation between facility security measures and the operational vulnerabilities of systems while simultaneously accounting for uncertainty and resource limitations. Therefore, this article aims to develop a mathematical model that enables the rational selection of the optimal composition of protective measures in conflict situations. The leading approach to studying this problem is the framework of matrix games, which allows for a comprehensive consideration of the interaction of protective strategies and destructive factors based on uniform expert criteria. The article presents three options for forming a payoff matrix (homogeneous and heterogeneous strategies, direct expert assessment of mutual influence), reveals mechanisms for finding a solution in pure strategies through a saddle point, identifies conditions under which a solution exists only in mixed strategies, and substantiates a method for

calculating the proportions of combining heterogeneous protective measures to achieve a guaranteed result. The article's materials are of practical value to specialists designing physical and information security systems, as well as to decision makers who allocate limited resources to protected facilities under deliberate countermeasures.

Keywords: mathematical modeling, game theory, matrix game, zero-sum game, facility security, security measures, vulnerability, expert assessment, saddle point, mixed strategies.

For citation: Sergeev N.P., Stepanov L.V., Zarubin V.S. A mathematical model for optimizing security measures for facilities based on matrix games. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2026;14(9). (In Russ.). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/article?id=2391> DOI: 10.26102/2310-6018/2026.60.9.013

Введение

Состояние защищенности системы определяется антагонистическим противостоянием двух сторон: факторов, стремящихся понизить уровень стабильности объекта (угроз, реализуемых через уязвимости – далее УС), и мероприятий по обеспечению безопасности (далее – МОБ), направленных на их купирование. Спрогнозировать поведение нарушителя крайне сложно, поэтому целесообразнее оперировать измеримыми параметрами самих МОБ и характеристиками УС, что создает основу для математического моделирования.

Применению аппарата теории игр к задачам выбора МОБ объектов защиты посвящено значительное число исследований: рассматриваются игровые модели распределения ресурсов в конфликте «нарушитель – защитник», задачи поиска седловой точки [1], модели комплексной защиты на основе «игры с природой», дифференциальные игры на гиперграфах, выбор стратегий защиты от сетевых атак, синтез интегрированных систем безопасности. Актуальность перечисленных исследований не вызывает сомнений: они закладывают теоретический фундамент для перехода от интуитивного распределения ресурсов к расчетному обоснованию защитных решений. Вместе с тем ряд аспектов остается недостаточно проработанным: большинство моделей оперируют однородными стратегиями; не формализовано явно отсутствие принципиальной возможности взаимодействия между конкретным МОБ и конкретной УС; малоисследованы переход к смешанным стратегиям и количественное определение пропорций комбинирования разнородных средств защиты; редко вводится единая система экспертных критериев для сопоставления МОБ и УС на общей шкале.

Указанные пробелы обуславливают актуальность настоящего исследования, целью которого является разработка математической модели на основе матричных игр, формализующей антагонистическое противостояние МОБ и УС и обеспечивающей обоснованный выбор стратегии защиты при любом составе УС.

Оригинальность работы состоит в явной маркировке невозможности взаимодействия МОБ и УС, формулировке трёх альтернативных способов построения платёжной матрицы и разработке алгоритма перехода к смешанным стратегиям с получением количественных долей комбинирования защитных МОБ, что позволяет лицу, принимающему решение, планировать перераспределение ограниченных ресурсов.

Материалы и методы

Рассмотрим условный объект защиты. Первостепенной задачей является определение множества МОБ – M :

$$M = \{m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n\}, \quad (1)$$

где m_i – i -е МОБ множества M ; n – количество МОБ множества M .

Пусть для объекта защиты определено множество M , состоящее из четырех МОБ:

m_1 – охранные сооружения периметра;

m_2 – комплекс охрannого телевидения и видеонаблюдения;

m_3 – система контроля и управления доступом на объект;

m_4 – современная интегрированная система безопасности.

Далее, для количественной оценки реализуемых МОБ и выявленных УС необходимо ввести множество критериев оценки K , выраженное как:

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_j, \dots, k_q\}, j = \overline{1, q}, \quad (2)$$

где q – общее число критериев множества K .

Пусть группой экспертов определено множество критериев оценки K , состоящее из четырех элементов, для реализуемых МОБ:

k_1 – материальные затраты на реализацию МОБ;

k_2 – время, необходимое для реализации МОБ;

k_3 – эффективность МОБ в снижении рисков;

k_4 – эксплуатационные затраты.

Далее экспертами производится количественная оценка каждого МОБ по установленным критериям K :

$$m_i = \{g_{i1}^{k_1}, g_{i2}^{k_2}, \dots, g_{il}^{k_l}, \dots, g_{iq}^{k_q}\}, \quad (3)$$

где $g_{il}^{k_l}$ – l -я оценка i -го МОБ по l -му критерию.

Тогда для набора реализуемых МОБ определим оценки по критериям K :

$$\begin{aligned} m_1 &= \{0,5; 0,9; 0,9; 0,4\}; m_2 = \{0,3; 0,6; 0,5; 0,5\}; \\ m_3 &= \{0,5; 0,7; 0,4; 0,7\}; m_4 = \{0,2; 0,3; 0,8; 0,3\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Следующим этапом введем весовую оценку МОБ. Для упрощения расчетов совокупный вес МОБ предлагается вычислять через арифметическое суммирование частных оценок $g_{il}^{k_l}$:

$$W_{m_i} = \sum_{l=1}^q g_{il}^{k_l}, i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

где W_i – совокупный вес i -го МОБ.

Тогда, для реализуемых на объекте защиты МОБ значения весовых оценок будут равны:

$$\begin{aligned} W_{m_1} &= 0,5 + 0,9 + 0,9 + 0,4 = 2,7; W_{m_2} = 0,3 + 0,6 + 0,5 + 0,5 = 1,9; \\ W_{m_3} &= 0,5 + 0,7 + 0,4 + 0,7 = 2,3; W_{m_4} = 0,2 + 0,3 + 0,8 + 0,3 = 1,6. \end{aligned} \quad (6)$$

Аналогичным образом, для объекта защиты определяется множество УС – U :

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_j, \dots, u_t\}, \quad (7)$$

где u_j – j -я УС множества U ; t – количество УС множества U .

Пусть множество U состоит из четырех УС:

u_1 – человеческий фактор;

u_2 – устаревание технических средств безопасности;

u_3 – недостаточная защищенность каналов связи и передачи данных между подсистемами;

u_4 – отсутствие резервирования электропитания.

На следующем этапе, как было описано выше, введено множество критериев оценки K , на основе которых оцениваются как МОБ, так и УС [2]. Тогда, с целью надлежащего трактования описанных ранее критериев произведем их форматирование:

- k_1 – материальные затраты на устранение УС;
- k_2 – время, необходимое для устранения УС;
- k_3 – степень влияния УС на безопасность объекта;
- k_4 – эксплуатационные затраты на поддержание УС в устраненном состоянии.

Далее экспертами производится количественная оценка каждого УС по установленным критериям K :

$$u_j = \{g_{j1}^{k_1}, g_{j2}^{k_2}, \dots, g_{jl}^{k_l}, \dots, g_{jq}^{k_q}\}, \quad (8)$$

где $g_{jl}^{k_l}$ – l -я оценка j -ой УС по l -му критерию.

Тогда для набора выявленных УС определим оценки по критериям K :

$$\begin{aligned} u_1 &= \{0,3; 0,7; 0,6; 0,5\}; u_2 = \{0,8; 0,7; 0,7; 0,4\}; \\ u_3 &= \{0,5; 0,5; 0,6; 0,2\}; u_4 = \{0,4; 0,3; 0,8; 0,4\}. \end{aligned} \quad (9)$$

Аналогично расчету весовых оценок МОБ, описанному выше, определим значения весовых оценок УС через арифметическое суммирование частных оценок $g_{jl}^{k_l}$:

$$W_{u_j} = \sum_{l=1}^q g_{jl}^{k_l}, j = \overline{1, t}, \quad (10)$$

где W_j – совокупный вес j -ой УС.

Тогда, для выявленных на объекте защиты УС значения весовых оценок будут равны:

$$\begin{aligned} W_{u_1} &= 0,3 + 0,7 + 0,6 + 0,5 = 2,1; W_{u_2} = 0,8 + 0,7 + 0,7 + 0,4 = 2,6; \\ W_{u_3} &= 0,5 + 0,5 + 0,6 + 0,2 = 1,8; W_{u_4} = 0,4 + 0,3 + 0,8 + 0,4 = 1,9. \end{aligned} \quad (11)$$

В связи с тем, что безопасность любой системы определяется выявленными УС и реализуемыми МОБ, проблема оценки защищенности системы может быть описана выражением [3]:

$$Z = \langle U; M \rangle. \quad (12)$$

Аппарат теории матричных игр дает возможность взглянуть на пары M и U не как на статичные слагаемые, а как на стратегии сторон в конфликте.

Классическая матричная игра предполагает конечные наборы действий у сторон и платежную матрицу. Каждый элемент g_{ij} матрицы отражает выигрыш первого игрока при выборе им стратегии i и выборе противником стратегии j .

Пусть для объекта обеспечения безопасности определены веса множеств МОБ и УС:

$$\begin{aligned} W_M &= \{W_{m_1}, W_{m_2}, \dots, W_{m_i}, \dots, W_{m_n}\}, i = \overline{1, n}, \\ W_U &= \{W_{u_1}, W_{u_2}, \dots, W_{u_j}, \dots, W_{u_t}\}, j = \overline{1, t}. \end{aligned} \quad (13)$$

Исходя из этого, предлагается рассмотреть множества W_M и W_U в качестве стратегий игроков матричной игры [4]. С целью упрощения расчетов рассмотрим случай, когда $n = t$. Тогда матрица игры примет следующий вид:

$$S = \begin{matrix} & W_{m_1} & W_{m_2} & \dots & W_{m_t} & \dots & W_{m_1} & \dots & W_{m_1} \\ \begin{matrix} W_{u_1} \\ W_{u_2} \\ \vdots \\ W_{u_j} \\ \vdots \\ W_{u_t} \end{matrix} & \begin{vmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1i} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2i} & \dots & s_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{j1} & s_{j2} & \dots & s_{ji} & \dots & s_{jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{t1} & s_{t2} & \dots & s_{ti} & \dots & s_{tn} \end{vmatrix} \end{matrix}, \quad (14)$$

где s_{ji} – значение результата сопоставления весов m_i МОБ и u_j УС; n – количество стратегий игрока МОБ, t – количество стратегий игрока УС.

Для данной матрицы S решение игры может быть найдено в чистых

$$\max_i \min_j s_{ij} = \min_i \max_j s_{ij}, \quad (15)$$

или смешанных стратегиях:

$$\begin{cases} s_{11}x_1 + \dots + s_{1i}x_i + \dots + s_{1n}x_n = v \\ s_{21}x_1 + \dots + s_{2i}x_i + \dots + s_{2n}x_n = v \\ \vdots \\ s_{j1}x_1 + \dots + s_{ji}x_i + \dots + s_{jn}x_n = v \\ \vdots \\ s_{t1}x_1 + \dots + s_{ti}x_i + \dots + s_{tn}x_n = v \end{cases}; \begin{cases} s_{11}y_1 + \dots + s_{j1}y_j + \dots + s_{t1}y_t = v \\ s_{21}y_1 + \dots + s_{j2}y_j + \dots + s_{t2}y_t = v \\ \vdots \\ s_{1i}y_1 + \dots + s_{ji}y_j + \dots + s_{ti}y_t = v \\ \vdots \\ s_{1n}y_1 + \dots + s_{jn}y_j + \dots + s_{tn}y_t = v \end{cases}. \quad (16)$$

В контексте безопасности объекта положительное значение элемента s_{ij} трактуется как успешное перекрытие уязвимости мероприятием. Отрицательное – как неспособность МОБ парировать угрозу.

Результаты

В результате, предлагается сформулировать три варианта формирования матрицы S .
Первый подход – стратегии игроков однородны.

Все МОБ и все УС принадлежат одному классу (например, только технические средства) [5]. Тогда s_{ij} вычисляется как разность экспертных оценок МОБ и УС.

$$s_{ij} = \sum_{l=1}^q (g_{il}^{k_l} - g_{jl}^{k_l}), \quad (17)$$

где $g_{il}^{k_l}$ – экспертная оценка i -го МОБ по l -му критерию k_l , $g_{jl}^{k_l}$ – экспертная оценка j -ой УС по l -му критерию k_l .

Возьмем данные из примера выше. Подстановка в выражение (14) дает матрицу 4×4 , представленную в Таблице 1.

Таблица 1 – Матрица игры для сопоставимых однородных стратегий
Table 1 – Game matrix for comparable homogeneous strategies

		W_{m_1}	W_{m_2}	W_{m_3}	W_{m_4}		минимакс = 0,1
	оценки	2,7	1,9	2,3	1,6	макс	
W_{u_1}	2,1	0,6	-0,2	0,2	-0,5	0,6	
W_{u_2}	2,6	0,1	-0,7	-0,3	-1	0,1	
W_{u_3}	1,8	0,9	0,1	0,5	-0,2	0,9	
W_{u_4}	1,9	0,8	0	0,4	-0,3	0,8	
	мин	0,1	-0,7	-0,3	-1		
максимин = 0,1							

Далее решение матрицы игры сводится к поиску седловой точки, где нижней ценой игры будет являться максимум из минимумов по столбцам, а верхней ценой игры – минимум из максимумов по строкам. В приведенном примере седловая точка найдена и равна 0,1 – решение в чистых стратегиях. Выбирать следует m_1 , так как одно это мероприятие дает нулевой проигрыш для всех УС.

Второй подход – стратегии игроков неоднородны.

Как известно, на практике не каждая МОБ способна повлиять на конкретную УС в защите [6]. Например, охранные сооружения периметра (m_1) бессильны против отсутствия резервирования электропитания (u_4). Такие случаи предлагается пометить в матрице игры символом «н», что означает отсутствие возможности взаимодействия. Расчеты в Таблице 2 показывают, что седловая точка снова тяготеет к m_2 .

Таблица 2 – Матрица игры для неоднородных стратегий

Table 2 – Game matrix for heterogeneous strategies

		W_{m_1}	W_{m_2}	W_{m_3}	W_{m_4}		минимакс = 0,1
	оценки	2,7	1,9	2,3	1,6	макс	
W_{u_1}	2,1	н	−0,2	0,2	−0,5	0,2	
W_{u_2}	2,6	0,1	−0,7	−0,3	−1	0,1	
W_{u_3}	1,8	н	0,1	н	н	0,1	
W_{u_4}	1,9	н	0	0,4	−0,3	0,4	
	мин	0,1	−0,7	−0,3	−1		
максимин = 0,1							

В данном случае решение также найдено в чистых стратегиях, но седловая точка соответствует двум значениям $\{m_1; u_2\}$ и $\{m_2; u_3\}$. В таком случае необходимо выбрать менее «дорогое» МОБ m_2 с целью минимизации финансовых затрат на реализацию системы безопасности объекта защиты [7].

Третий подход – экспертная оценка взаимного влияния МОБ и УС.

Иногда приходится иметь дело с ситуациями, когда седловая точка отсутствует. В таких случаях оптимальное поведение игры описывается векторами вероятностей – смешанными стратегиями.

Для примера, построим матрицу игры, взаимное влияние элементов которой оценено экспертным путем, без вычисления оценок МОБ и УС по отдельности (Таблица 3).

Таблица 3 – Матрица игры для неоднородных стратегий без решения в чистых стратегиях

Table 3 – Game matrix for heterogeneous strategies without a solution in pure strategies

оценки	m_1	m_2	m_3	m_4	макс	минимакс = 0,4
u_1	0,4	0,1	0,2	н	0,4	
u_2	0,1	0,5	н	0,2	0,5	
u_3	0,2	н	0,6	0,1	0,6	
u_4	н	0,3	0,1	0,7	0,7	
мин	0,1	0,1	0,1	0,1		
максимин = 0,1						

В матрице седловая точка отсутствует, следовательно, решение необходимо искать в смешанных стратегиях [8]. При поиске решения игры в смешанных стратегиях возможны два исхода:

- 1) решение в смешанных стратегиях существует;
- 2) решения в смешанных стратегиях не существует.

Приступим к решению матрицы игры, соответствующей Таблице 3:

$$S = \begin{pmatrix} 0,4 & 0,1 & 0,2 & 0 \\ 0,1 & 0,5 & 0 & 0,2 \\ 0,2 & 0 & 0,6 & 0,1 \\ 0 & 0,3 & 0,1 & 0,7 \end{pmatrix}. \quad (18)$$

Такая матрица не имеет решений в чистых стратегиях:

$$v^* = \min_i \max_j s_{ij} = 0,4 \neq v^* = \max_i \min_j s_{ij} = 0,1, \quad (19)$$

$$0,4 > v(S) > 0,1.$$

Составим системы линейных уравнений для игроков МОБ и УС:

$$\begin{cases} 0,4x_1 + 0,1x_2 + 0,2x_3 = v, \\ 0,1x_1 + 0,5x_2 + 0,2x_4 = v, \\ 0,2x_1 + 0,6x_3 + 0,1x_4 = v, \\ 0,3x_2 + 0,1x_3 + 0,7x_4 = v, \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1. \end{cases} \quad \begin{cases} 0,4y_1 + 0,1y_2 + 0,2y_3 = v, \\ 0,1y_1 + 0,5y_2 + 0,3y_4 = v, \\ 0,2y_1 + 0,6y_3 + 0,1y_4 = v, \\ 0,2y_2 + 0,1y_3 + 0,7y_4 = v, \\ y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 1. \end{cases} \quad (20)$$

Произведя вычисление систем уравнений (20), получим следующие значения:

$$\begin{aligned} x_1 &\approx 0,38; x_2 \approx 0,22; x_3 \approx 0,19; x_4 \approx 0,21, \\ y_1 &\approx 0,34; y_2 \approx 0,29; y_3 \approx 0,21; y_4 \approx 0,15. \end{aligned} \quad (21)$$

Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют практическую гибкость применения теории игр к задаче выбора защитных МОБ. Модель позволяет уйти от интуитивного распределения бюджета в пользу расчётного обоснования. Матричная игра с нулевой суммой адекватно описывает взаимодействие системы защиты и системы деструктивных факторов [9]. Поиск седловой точки указывает на те МОБ, которые дают максимальный эффект при минимальных издержках либо нейтрализуют сразу несколько УС.

Если седловая точка отсутствует, расчет смешанных стратегий выявляет пропорции, в которых следует комбинировать ресурсы для достижения гарантированного результата. Следует, однако, отметить, что отрицательные значения, которые могли бы быть получены в процессе решения, указывали бы на то, что текущий набор МОБ не покрывает весь спектр угроз – требуется пересмотр ресурсной базы. Это подчеркивает необходимость тщательного экспертного формирования исходных данных и возможную чувствительность модели к качеству оценок [10].

Дальнейшее развитие методики видится в усложнении функционала вычисления s_{ij} с учетом нелинейных зависимостей и динамики изменения угроз во времени.

Заключение

Представленная математическая модель на основе матричных игр позволяет формализовать антагонистическое противостояние МОБ и УС, давая лицу, принимающему решение, инструмент для обоснованного выбора стратегии защиты и совершенствования системы безопасности защищаемого объекта. Предложенный подход обеспечивает обоснованный результат безопасности объекта при любом составе уязвимостей, включая различное соотношение между МОБ и УС. Практическая

ценность модели заключается в возможности получать как однозначные рекомендации (чистые стратегии), так и количественные пропорции комбинирования защитных мероприятий (смешанные стратегии), что способствует рациональному использованию ограниченных ресурсов, а при необходимости запланировать их перераспределение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Быков А.Ю., Гришунин М.В., Крыгин И.А. Игровая задача выбора защищаемых объектов и исследование алгоритма поиска седловой точки на основе модификации метода Брауна-Робинсона. *Вопросы кибербезопасности*. 2019;(2):2–12.
Bykov A., Grishunin M., Krygin I. The game problem of selection of assets to protect and research of saddle point search algorithm based on Brown-Robinson method modification. *Voprosy Kiberbezopasnosti*. 2019;(2):2–12. (In Russ.).
2. Шахов В.Г., Морозов А.В., Тиунов А.П., Громов А.Н. Игровые и топологические модели информационной безопасности. *Известия Транссиба*. 2015;(1):89–94.
Shakhov V.G., Morozov A.V., Tiunov A.P., Gromov A.N. Gaming and topological models of information security. *Journal of Transsib Railway Studies*. 2015;(1):89–94. (In Russ.).
3. Клименко И.С. Математическая модель комплексной защиты инфокоммуникационного объекта на основе «игры с природой». *Современная наука и инновации*. 2022;(1):34–43. (На англ.). <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2022.1.4>
Klimenko I.S. Mathematical model of complex protection of an infocommunication object based on "playing with nature". *Modern Science and Innovations*. 2022;(1):34–43. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2022.1.4>
4. Сергеев Н.П., Степанов Л.В. Аспекты применения теории игр к оценке безопасности системы. *Вестник Воронежского института ФСИИ России*. 2024;(2):109–117.
Sergeev N.P., Stepanov L.V. Aspects of the application of game theory to the assessment of system security. *Vestnik Voronezhskogo Instituta FSIN Rossii*. 2024;(2):109–117. (In Russ.).
5. Тур А.В., Тантлевский И.Р. Об одной дифференциальной игре на гиперграфе. *Математическая теория игр и ее приложения*. 2025;17(2):75–89.
Tur A.V., Tantlevskij I.R. About one differential game on hypergraph. *Mathematical Game Theory and Its Applications*. 2025;17(2):75–89. (In Russ.).
6. Лаврентьев А.В., Зязин В.П. О применении методов теории игр для решения задач компьютерной безопасности. *Безопасность информационных технологий*. 2013;20(3):19–24.
Lavrentiev A.V., Zyazin V.P. Applying the game theory methods for solving problems of computer security. *IT Security (Russia)*. 2013;20(3):19–24. (In Russ.).
7. Морозов В.В., Шалбузов К.Д. Игровая модель распределения ресурсов при защите объекта. *Математическая теория игр и ее приложения*. 2013;5(4):066–083.
Morozov V.V., Shalbuzov K.D. Zero-sum game of resource allocation: attacker against defender. *Mathematical Game Theory and Its Applications*. 2013;5(4):066–083. (In Russ.).
8. Сергеев Н.П., Степанов Л.В. Особенности применения математических методов для обеспечения безопасности в учреждениях УИС. *Вестник Воронежского института ФСИИ России*. 2023;(4):127–132.

- Sergeev N.P., Stepanov L.V. Features of application of mathematical methods to ensure security in PEN institutions. *Vestnik Voronezhskogo Instituta FSIN Rossii*. 2023;(4):127–132. (In Russ.).
9. Котенко И.В., Саенко И.Б., Синешчук Ю.И., Саратов Д.Н. Подход к выбору оптимальной стратегии защиты от DDoS-атак на основе применения теории игр. *Правовая информатика*. 2025;(3):27–36. <https://doi.org/10.24412/1994-1404-2025-3-00-03>
Kotenko I., Saenko I., Sineshchuk Yu., Saratov D. An approach to choosing an optimal DDoS protection strategy based on the use of game theory. *Legal Informatics*. 2025;(3):27–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/1994-1404-2025-3-00-03>
10. Хализев В.Н., Федоров С.Ю. Математическая модель синтеза интегрированной системы безопасности предприятия. *Сфера услуг: инновации и качество*. 2012;(10). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25622014>
Khalizev V.N., Fedorov S.Yu. Mathematical model fusion integrated security systems company. *Services Sector: Innovation and Quality*. 2012;(10). (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25622014>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сергеев Никита Павлович, старший преподаватель кафедры технических комплексов охраны и связи, Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: nps.97@mail.ru
ORCID: [0009-0003-8270-000X](https://orcid.org/0009-0003-8270-000X)

Nikita P. Sergeev, Senior Lecturer at the Department of Technical Complexes for Security and Communications, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, the Russian Federation.

Степанов Леонид Викторович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технических комплексов охраны и связи, Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: mail@lvstepanov.ru
ORCID: [0000-0003-4490-1516](https://orcid.org/0000-0003-4490-1516)

Leonid V. Stepanov, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor at the Department of Technical Complexes for Security and Communications, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, the Russian Federation.

Зарубин Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технических комплексов охраны и связи, Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: zarvs@mail.ru

Vladimir S. Zarubin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor at the Department of Technical Complexes for Security and Communications, Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 29.04.2026; одобрена после рецензирования 14.09.2026; принята к публикации 21.09.2026.

The article was submitted 29.04.2026; approved after reviewing 14.09.2026; accepted for publication 21.09.2026.