

**Председатель  
редакционного совета**  
Г. Г. Себряков, чл.-корр. РАН

**Главный редактор**  
В. В. Косьянчук, д.т.н.

**Заместители председателя  
редакционного совета:**  
С. Ю. Желтов, акад. РАН  
М. Н. Красильщиков, д.т.н.

**Редакционный совет:**  
В. И. Аверченков, д.т.н.  
(зам. гл. редактора)  
О. И. Атакищев, д.т.н.  
А. И. Башмаков, к.т.н.  
С. Н. Васильев, акад. РАН  
Ю. В. Визильтер, д.ф.-м.н.  
И. А. Каляев, акад. РАН  
А. И. Кибзун, д.ф.-м.н.  
П. Е. Клейзер (зам. гл. редактора)  
И. С. Константинов, д.т.н.  
Ю. Н. Кофанов, д.т.н.  
В. В. Лебедев, чл.-корр. РАН  
В. В. Попов, д.т.н.  
Р. Л. Смелянский, чл.-корр. РАН

**Региональные редсоветы:**

**Иркутск**  
И. В. Бычков,  
акад. РАН

**Ростов-на-Дону**  
В. И. Минкин, акад. РАН  
А. В. Солдатов, д.ф.-м.н.

**Минск (Белоруссия)**  
С. В. Абламейко,  
акад. НАНБ

**Санкт-Петербург**  
Ю. А. Гатчин, д.т.н.

**Ставрополь**  
П. А. Аверичкин, д.т.н.

**Нижний Новгород**  
С. И. Ротков, д.т.н.

**Таганрог**  
В. В. Курейчик, д.т.н.

**Орел**  
В. Т. Еременко, д.т.н.  
А. В. Коськин, д.т.н.

**г. Тэгу (Южная Корея)**  
Р. А. Зиятдинов, к.ф.-м.н.

**Переславль-Залесский**  
С. М. Абрамов,  
чл.-корр. РАН

**г. Филлах (Австрия)**  
А. Пестер, д-р

**г. Харбин (КНР)**  
Тань Лиго, доцент

**Редакция:**  
Н. В. Пантина  
О. Г. Красильникова

Журнал зарегистрирован  
в Министерстве Российской Федера-  
ции по делам печати, телерадио-  
вещания и средств массовых  
коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-46365 от 26.08.2011 г.

Тел. редакции: (495) 589 56 41,  
514 76 50

Адрес редакции: 119048, г. Москва,  
ул. Усачева, д. 35, стр. 1

E-mail: vkit@idspektr.ru;  
Http://www.vkit.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ. ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

**Визильтер Ю. В., Брянский С. А.** Морфологическое сравнение форм и изображений на основе теории простоты и модели точечных покрытий ..... 3

### КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

**Короткий В. А.** Кубические В-сплайны: практическое применение ..... 12

**Ляшков А. А., Шевелёва Т. А.** Анализ рабочего пространства двухзвенного планарного манипулятора ..... 22

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

**Баяк О. В., Бахарев А. Ю.** Разработка системы агрегации новостных статей с модулем анализа тональности текста ..... 31

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И ОБРАЗОВАНИИ

**Асадуллаев Р. Г., Ситникова М. А.** Интеллектуальная модель классификации гемодинамических паттернов мозговой активации для выявления нейрокогнитивных механизмов пространственно-числовых ассоциаций ..... 38

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Колодкин В. М., Варламова Д. М., Шакиров А. Д.** Распределение ресурсов на обеспечение антитеррористической безопасности социально значимых объектов ..... 46

### ИНФОРМАЦИЯ

**Указатель статей, опубликованных в 2023 г.** ..... 55

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении, или непосредственно в издательстве.  
Индексы по каталогам: «Пресса России» – 39244,  
электронный каталог «Почта России» – П3645

**Журнал входит в перечень изданий, утвержденных ВАК РФ, для публикации трудов соискателей ученых степеней**

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Вестник компьютерных и информационных технологий», допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции

## Chairman of Editorial Board

G. G. Sebryakov

## Editor-in-Chief

V. V. Kosianchuk

## Deputy Chairman of Editorial Board:

S. Yu. Zheltov,  
M. N. Krasilshchikov

## Editorial Board:

V. I. Averchenkov  
(Deputy Editor-in-Chief)  
O. I. Atakishchev  
A. I. Bashmakov  
S. N. Vasilev  
Yu. V. Vizilter  
I. A. Kaliaev  
A. I. Kibzun  
P. E. Kleyzer (Deputy Editor-in-Chief)  
I. S. Konstantinov  
Yu. N. Kofanov  
V. V. Lebedev  
V. V. Popov  
R. L. Smelyansky

## Regional Editorial Board:

**Daegu (South Korea)**  
R. A. Ziatdinov

**Rostov-on-Don**  
V. I. Minkin  
A. V. Soldatov

**Irkutsk**  
I. V. Bychkov

**Saint-Petersburg**  
Yu. A. Gatchin

**Minsk (Belarus)**  
S. V. Ablamejko

**Stavropol**  
P. A. Averichkin

**Nizhny Novgorod**  
S. I. Rotkov

**Taganrog**  
V. V. Kureichik

**Orel**  
V. T. Eremenko  
A. V. Koskin

**Villach (Austria)**  
A. Pester

**Pereslavl-Zalesskiy**  
S. M. Abramov

**Harbin (China)**  
Tan Ligu

## Editorial Staff:

N. V. Pantina  
O. G. Krasilnikova

The journal is registered by RF  
Ministry of Press, Tele-and-Broad-  
casting and Mass Communications  
Media. Registration certificate  
ПИ № ФС77-46365 от 26.08.2011 г.

Tel.: (495) 589 56 41, 514 76 50

Editorial address: Buil. 1, Usacheva  
St. 35, Moscow, Russia, 119048

E-mail: vkit@idspektr.ru;  
Http://www.vkit.ru

## CONTENTS

### COMPUTER VISION. VIRTUAL REALITY

**Vizilter Yu. V., Brianskiy S. A.** Morphological Shape and Image Comparison Based  
on Simplicity Theory and Point Coverings Model ..... 3

### COMPUTER GRAPHICS AND GEOMETRIC SIMULATION

**Korotkiy V. A.** Cubic B-splines: Practical Application ..... 12

**Lyashkov A. A., Sheveleva T. A.** Analysis of the Working Space of a Two-Link Planar  
Manipulator ..... 22

### INTELLIGENCE SYSTEMS

**Bayuk O. V., Bakharev A. Yu.** Development of a News Article Aggregation System  
with a Text Tonality Analysis Module ..... 31

### INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL, ECONOMIC SYSTEMS AND EDUCATION

**Asadullaev R. G., Sitnikova M. A.** Intelligent Model for Classifying Hemodynamic  
Patterns of Brain Activation to Identify Neurocognitive Mechanisms  
of Spatial-Numerical Associations ..... 38

### INFORMATION TECHNOLOGIES IN HUMAN ACTIVITIES SAFETY

**Kolodkin V. M., Varlamova D. M., Shakirov A. D.** Distribution of Resources to Ensure  
Anti-Terrorist Security of Socially Significant Facilities ..... 46

### INFORMATION

**The Index** of the Articles Published in the Magazine in the Year 2023 ..... 55

The journal is being distributed according to a subscription, which is available in any  
post office or at the publishing house directly. Indexes in the catalogue:

“**Pressa Rossii**” – 39244,

Electronic catalog “**Pochta Rossii**” – П3645

**Journal is included into the list of editions certified by RF Supreme Attestation Committee  
for publication of competitors works for scientific degrees**

Reprinting of materials from “Vestnik komp'uternykh i informatsionnykh tekhnologii”  
is possible with writing permission of editorial staff. Reference to “Vestnik komp'uternykh  
i informatsionnykh tekhnologii” at reprint is obligatory



**В. М. Колодкин**, д-р техн. наук, **Д. М. Варламова**, **А. Д. Шакиров**  
(Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия);  
e-mail: kolodkin@rintd.ru

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ АНТИТЕРРОРИСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ

*Представлен новый программный комплекс – электронный полигон, – предназначенный для повышения антитеррористической защищенности социально значимых объектов. Комплекс поддерживает математическое моделирование антагонистического конфликта между нарушителем и реципиентами риска в условиях террористической атаки.*

*В основе комплекса лежит авторская методология повышения защищенности, основанная на противодействии террористической атаке управляемым движением людских потоков (управляемая эвакуация) в зоны безопасности по безопасным траекториям.*

*Активная защита реципиентов риска в условиях атаки учитывает возможности инженерно-технических средств защиты. Алгоритмы моделирования управляемого движения строятся на минимизации ущерба реципиентов риска в условиях террористической атаки. Активная защита целесообразна при временном горизонте атаки порядка 10 минут.*

*Важнейшая особенность представленного электронного полигона – проектирование траекторий движения реципиентов риска в автоматическом режиме с учетом динамики развития террористической атаки.*

*Цифровая модель объекта защиты строится с использованием отечественной BIM-системы (Building Information Modeling) Renga. Для моделирования активности нарушителя и движения людских потоков в режиме реального времени модель здания представляется в виде топологического графа.*

*Количественная оценка уровня террористической безопасности каждого социально значимого объекта основана на сопоставлении уровней угроз и защищенности. Соответствие уровня защищенности уровню угроз является определяющим для выделения совокупности объектов, система защиты которых требует модернизации.*

*Программный комплекс ориентирован на решение практических задач, в частности распределения ограниченных ресурсов, выделяемых на повышение антитеррористической безопасности. Практическая направленность электронного полигона продемонстрирована на примере распределения средств на модернизацию системы антитеррористической защищенности корпусов образовательного учреждения.*

**Ключевые слова:** система антитеррористической защищенности; математическое моделирование; антагонистический конфликт; динамическая модель.

**V. M. Kolodkin, D. M. Varlamova, A. D. Shakirov**  
(Udmurt State University, Izhevsk, Russia)

## DISTRIBUTION OF RESOURCES TO ENSURE ANTI-TERRORIST SECURITY OF SOCIALLY SIGNIFICANT FACILITIES

*A new software package – electronic testing ground – designed to increase the anti-terrorist protection of socially significant objects is presented. The complex supports mathematical modeling of antagonistic conflict between the offender and risk recipients in the context of a terrorist attack.*

*The complex is based on the author's methodology for increasing security, based on countering a terrorist attack through the controlled movement of human flows (controlled evacuation) to security zones along safe trajectories. Active protection of risk recipients under attack conditions takes into account the capabilities of engineering and technical means of protection. Algorithms for modeling controlled movement are built on the conditions of minimizing damage to risk recipients in conditions of a terrorist attack. Active protection is advisable when the attack time horizon is about 10 minutes. The most important feature of the presented electronic test site is the design of movement trajectories of risk recipients in automatic mode, taking into account the dynamics of the development of a terrorist attack.*

*A digital model of the protected object is built using the domestic BIM system Renga. To simulate the activity of the intruder and the movement of human flows in real time the building model is represented as a topological graph.*

*Quantitative assessment of the level of terrorist security of each socially significant object is based on a comparison of the levels of threats and security. Correspondence between the level of security and the level of threats is decisive for identifying a set of objects whose protection system requires modernization.*

*The software package is focused on solving practical problems. In particular, the distribution of limited resources allocated to improve anti-terrorist security. The practical orientation of the electronic training ground is demonstrated by the example of the distribution of funds for the modernization of the anti-terrorism security system for the buildings of an educational institution.*

**Keywords:** Anti-terrorism security system; Mathematical modeling; Antagonistic conflict; Dynamic model.

*Статья поступила в редакцию 26.10.2023 г.*

## Введение

Происходящие в мире изменения сопровождаются возрастанием террористической угрозы, которая затрагивает и *социально значимые объекты (СЗО)*: объекты образования, здравоохранения, коммунальной инфраструктуры и т.д. На возрастание угроз СЗО реагируют организационными мероприятиями, модернизацией инженерно-технических средств защиты, развитием систем поддержки принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций и т.д. [1, 2]. Возрастание уровня угроз требует соответствующего повышения уровня антитеррористической защищенности.

В отношении критически важных объектов концепция обеспечения террористической безопасности развивалась в многочисленных работах [3, 4]. В основе концепции лежит метод вероятностно-временного анализа. Полагается, что безопасность критически важного объекта обеспечена, если силы реагирования успевают пресечь акцию нарушителя до достижения нарушителем уязвимых зон объекта.

Для социально значимых объектов данная концепция в исходном варианте неприемлема по ряду причин, в первую очередь – экономических. Для СЗО более конструктивен риск-ориентированный подход [5], в соответствии с которым защищенность объекта тем выше, чем больше величина предотвращенного риска при террористической атаке.

Отметим, что в данной работе не рассматриваются сценарии предупреждения террористической атаки. Учитывая, что террористическая атака на СЗО обычно развивается на временном горизонте порядка 10 мин, одним из наиболее значимых факторов в увеличении предотвращенного риска становится целенаправленная активность реципиентов риска, под-

держанная инженерно-техническими средствами обеспечения безопасности объекта (активное противодействие реципиентов риска в условиях атаки).

Модель антагонистического конфликта между нарушителем и реципиентами риска при атаке [6] должна учитывать динамику активности реципиентов риска и нарушителей, характеристики участников конфликта, параметры инженерно-технических средств защиты и т.д.

Отметим, что каждый из объектов располагает той или иной системой обеспечения безопасности в условиях чрезвычайных ситуаций, которые различаются в силу неодинаковых возможностей, в первую очередь финансовых.

Особенность террористической угрозы заключается в значимой неопределенности локализации места и времени проявления. Неопределенность локализации угрозы в отношении СЗО обуславливает требование повышения усредненной по отношению к совокупности объектов антитеррористической защищенности.

С развитием инженерно-технических средств защиты теоретически возможно построение системы обеспечения безопасности, отвечающей самым высоким требованиям. Но высокие затраты на систему защиты допускают построение близкой к идеалу системы лишь для отдельно взятого объекта или для ограниченной совокупности объектов.

Предугадать направление террористической атаки затруднительно [7]. Поэтому модернизация системы антитеррористической защищенности должна касаться той части социально значимых объектов, которые наименее защищены и в наибольшей степени подвержены угрозам. При этом должны быть учтены реалии каждого объекта и существующие ограничения ресурсов, поскольку число объектов велико.

Таким образом, требование повышения антитеррористической защищенности социально значимых объектов актуализирует решение следующих задач.

1. Определение совокупности социально значимых объектов, системы обеспечения террористической безопасности которых требуют первоочередной модернизации, с учетом состояния систем защиты и имеющихся ресурсов.

2. Проектирование улучшающих воздействий при модернизации инженерно-технических средств защиты для каждого из объектов.

Рассмотрим первую задачу. Для ее решения необходимо:

- определиться с факторами, влияющими на уровень террористической угрозы;
- определиться с уровнем антитеррористической защищенности каждого из объектов защиты;
- ранжирование совокупности объектов по количественным оценкам отношений уровней угроз и защищенности. Это позволяет выделить множество СЗО, система обеспечения антитеррористической безопасности которых требует модернизации, и определиться с относительным распределением ресурсов на модернизацию.

### Алгоритм моделирования антагонистического конфликта

В модели антагонистического конфликта на социально значимом объекте рассмотрению подлежат два взаимосвязанных процесса, определяющих последствия террористической атаки:

- действия нарушителя;
- действия реципиентов риска, реагирующих на атаку.

Процессы моделируются в рамках электронного полигона [6]. Действия нарушителя при атаке отвечают модели нарушителя. Частота проявления конфликта – террористической атаки – соответствует уровню террористической угрозы.

В условиях временного горизонта террористической атаки порядка 10 мин наиболее значимым механизмом реагирования на террористическую атаку СЗО является управляемое перемещение реципиентов риска в зоны безопасности (экстренная эвакуация реципиентов риска) по безопасным путям [8]. Количественная характеристика реагирования реципиентов риска – предотвращенный ущерб при атаке – совместно с частотой проявления ущерба соответствуют

количественной оценке защищенности (оценке предотвращенного риска).

Распределение ограниченных ресурсов на первоочередную модернизацию систем обеспечения безопасности совокупности социально значимых объектов предполагает:

- количественную оценку уровня террористической угрозы для каждого СЗО;
- количественную оценку уровня защищенности каждого СЗО;
- оценку соответствия уровней угроз и уровней защищенности совокупности объектов;
- ранжирование объектов по оценкам соответствия;
- распределение средств на модернизацию системы безопасности в соответствии со списком ранжированных объектов и с учетом существующих финансовых ограничений.

В дальнейшем распределение ресурсов на повышение защищенности проиллюстрируем на примере совокупности корпусов одного из образовательных учреждений. Программное обеспечение электронного полигона моделирования антагонистического конфликта допускает анализ практически неограниченной совокупности СЗО. Однако для целей иллюстрации ограничимся анализом объектов, входящих в совокупность из шести объектов.

### Количественная оценка уровня террористической угрозы

К основным численным характеристикам  $N_k$ , влияющим на уровень террористических угроз, можно отнести следующие [2, 9, 10]:

- $N_1$  – число человек в здании, чел.;
- $N_2$  – срок службы здания, лет;
- $N_3$  – плотность людей в здании, чел./м<sup>2</sup>;
- $N_4$  – численность населения в районе расположения объекта защиты, чел.;
- $N_5$  – общий уровень преступности в районе расположения объекта защиты.

В общем случае для достоверного прогнозирования уровня угрозы (привлекательности объекта защиты для нарушителя) требуется большое количество характеристик объекта. Однако при выборе характеристик, определяющих уровень угрозы, необходимо учитывать, что информация по объекту защиты должна быть такой, чтобы нарушитель не обратил ее против реципиентов риска на объекте.

Террористическая угроза для  $i$ -го объекта характеризуется параметрами (критериями)  $\{(f_k)_i \mid k = 1, m; i = 1, n\}$ , определяющими его привлекательность для нарушителя, где  $n$  – число объектов защиты в совокупности;  $m$  – число критериев. Количественные значения критериев  $(f_k)_i$  определяются через численные значения соответствующих характеристик  $i$ -го объекта  $(N_k)_i$

$$(f_k)_i = (N_k)_i / \langle N_k \rangle,$$

где  $\langle N_k \rangle$  – среднее значение  $k$ -й характеристики для рассматриваемой совокупности объектов.

В данном случае для  $i$ -го объекта защиты имеем пять количественных характеристик террористической угрозы ( $m = 5$ ). Критерии соотносены к средним значениям характеристик по совокупности объектов. Чем больше значение критерия, тем больше влияние критерия на угрозу по отношению к среднему значению. Значения параметров  $f_k$ , где  $k = 1, \dots, 5$ , образуют фигуру площадью  $S(f_1, f_2, f_3, f_4, f_5)$ . Фигура с площадью  $S_0(f_1 = 1, f_2 = 1, f_3 = 1, f_4 = 1, f_5 = 1)$  соотносится со средними по совокупности объектов защиты характеристиками угроз.

Будем характеризовать уровень угрозы по отношению к  $i$ -му объекту совокупности значением  $y_i$ :

$$y_i = S(f_1, f_2, f_3, f_4, f_5) / S_0(f_1 = 1, f_2 = 1, f_3 = 1, f_4 = 1, f_5 = 1),$$

где  $S(f_1, f_2, f_3, f_4, f_5) = 0,5 \sin(2\pi/m)(f_1 f_2 + f_2 f_3 + f_3 f_4 + f_4 f_5 + f_5 f_1)$ .

Множество оценок уровня угроз обозначим  $Y = \{y_i \mid i = 1, n\}$ , где  $y_i$  – количественная оценка уровня террористической угрозы для  $i$ -го объекта защиты.

В рассматриваемом случае совокупность объектов защиты состоит из объектов одного типа (корпуса образовательного учреждения), все объекты расположены компактно, следовательно, численные значения характеристик  $N_4, N_5$  и соответствующих критериев  $\{(f_4)_i \mid i = 1, n\}, \{(f_5)_i \mid i = 1, n\}$  совпадают для всех объектов совокупности.

Численные значения характеристик и значения соответствующих параметров следующие:

–  $N_4 = 128\,405$  чел. (численность населения Индустриального района Ижевска [11], где расположены корпуса образовательного учреждения),  $f_4 = 1$ ;

–  $N_5 = 9532$  случая (краткая характеристика состояния преступности на территории Ижевска [12]),  $f_5 = 1$ .

В табл. 1 представлены исходные численные значения характеристик (корпуса 1, 2, 3, 4, 5, 7 [8]) и расчетных параметров для совокупности объектов защиты  $i = 1, \dots, 6$ .

Из анализа данных (см. табл. 1) следует, что наибольший уровень террористической угрозы соотносится с корпусом № 4, наименьший уровень – с корпусом № 3.

### Количественная оценка уровня защищенности

Определяющая часть оценки уровня защищенности при террористической атаке на временном горизонте порядка 10 мин связана с величиной предотвращенного риска. Реципиенты риска реагируют на атаку целенаправленным перемещением в зоны безопасности по безопасным путям (управляемая эвакуация), чему призваны способствовать инженерно-технические средства защиты.

К факторам (критериям), определяющим уровень антитеррористической защищенности СЗО при террористической атаке, в первую очередь, относятся:

- уровень подготовленности реципиентов риска к действиям (активная защита) в условиях террористической атаки;
- уровень подготовленности персонала объекта и сотрудников привлекаемых служб к действиям в условиях террористической атаки;
- уровень информационной безопасности объекта защиты;
- уровень инженерно-технической защищенности.

### 1. Оценка террористической угрозы

| Объект защиты | Исходные данные |       |       | Расчетные данные |       |       |       |
|---------------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
|               | $N_1$           | $N_2$ | $N_3$ | $f_1$            | $f_2$ | $f_3$ | $y_i$ |
| 1             | 1974            | 57    | 0,21  | 1,26             | 0,95  | 1,09  | 1,11  |
| 2             | 1949            | 92    | 0,26  | 1,24             | 1,53  | 1,34  | 1,51  |
| 3             | 158             | 106   | 0,07  | 0,10             | 1,76  | 0,36  | 0,46  |
| 4             | 3177            | 64    | 0,28  | 2,02             | 1,06  | 1,45  | 1,63  |
| 5             | 1105            | 30    | 0,18  | 0,70             | 0,50  | 0,93  | 0,69  |
| 6             | 1072            | 12    | 0,16  | 0,68             | 0,20  | 0,83  | 0,56  |

Так как анализу подлежит совокупность объектов одного типа (корпуса одного образовательного учреждения), то в первом приближении численные значения соответствующих характеристик и критериев совпадают для всех объектов совокупности:  $\{(f_1)_i = const \mid i = \overline{1, n}\}$ ,  $\{(f_2)_i = const \mid i = \overline{1, n}\}$ ,  $\{(f_3)_i = const \mid i = \overline{1, n}\}$ . Численные значения критериев следующие:  $f_1 = 1, f_2 = 1, f_3 = 1$ .

Уровень инженерно-технической защищенности СЗО будем характеризовать относительной величиной предотвращенного риска  $R$  при террористической атаке на СЗО –  $R(T)/N_0$ , где  $N_0$  – число реципиентов риска перед началом террористической атаки,  $T$  – продолжительность террористической атаки.

Временной интервал освобождения здания реципиентами риска при эвакуации удовлетворительно описывается регрессионной зависимостью [8]

$$T_e = 115,45 + 725,76D + 103,38\Omega, \quad (1)$$

где  $D$ , [чел./м<sup>2</sup>] – плотность реципиентов риска в здании в момент начала террористической атаки;

$\Omega$  – топологическая сложность здания, рассчитывается на основании пространственно-информационной модели здания, представленной в виде графа.

По результатам вычислительных экспериментов эвакуации людей из зданий [13], имеем верхнюю оценку

$$\frac{N(T)}{N_0} = \exp\left\{-\chi \frac{T}{T_e}\right\}, \chi = 2,043,$$

где  $N(T)$  – оценка числа реципиентов риска, оставшихся в здании к концу террористической атаки.

Оценка предотвращенного ущерба  $U = (N_0 - N(T))$  при террористической атаке представляется выражением

$$U = N_0 \left(1 - \frac{N(T)}{N_0}\right) = N_0 \left(1 - \exp\left\{-\chi \frac{T}{T_e}\right\}\right). \quad (2)$$

При прогнозировании последствий террористической атаки на СЗО моделируются два процесса:

- движение нарушителя, отвечающее соответствующей модели нарушителя;
- направленное движение реципиентов риска в зоны безопасности по безопасным путям, отвечающее теории людских потоков [14, 15].

Процессы моделируются в рамках специализированного программного комплекса – электронного полигона. Для моделирования используется пространственно-информационная модель (ПИМ) здания. Цифровая модель здания создается в BIM-системе (*Building Information Modeling*) Renga. ПИМ здания, представляемая *Json*-файлом [16], создается специализированным плагином. При моделировании атаки в здании используется топологический граф (рис. 1). Вершины топологического графа отвечают помещениям здания, ребра – проемам.

На каждом временном шаге  $\tau$  моделируется перемещение нарушителя по связанным вершинам топологического графа в направлении уменьшения уровня топологического графа. Для нарушителя выбор пути отвечает модели максимального поражения реципиентов риска. Террористическая атака заканчивается, если нарушитель, двигаясь со скоростью  $v = 100$  м/мин, достигает последнего помещения здания, что соответствует последней вершине топологического графа. Отметим, что это одна из возможных моделей поведения нарушителя. Обычно расчет поддерживается несколькими моделями, отвечающими за анализ террористических атак [17].

Вершины графа по пути движения нарушителя не доступны реципиентам риска, т.е. траектории движения реципиентов риска, отвечающие кратчайшему по времени пути, перестраиваются по мере развития террористической атаки. Для определения траекторий перемещения реципиентов риска на каждом интервале моделирования используется волновой алгоритм. Процесс перемещения реципиентов риска поддерживается инженерно-техническими средствами защиты – системами связи, оповещения и т.д.

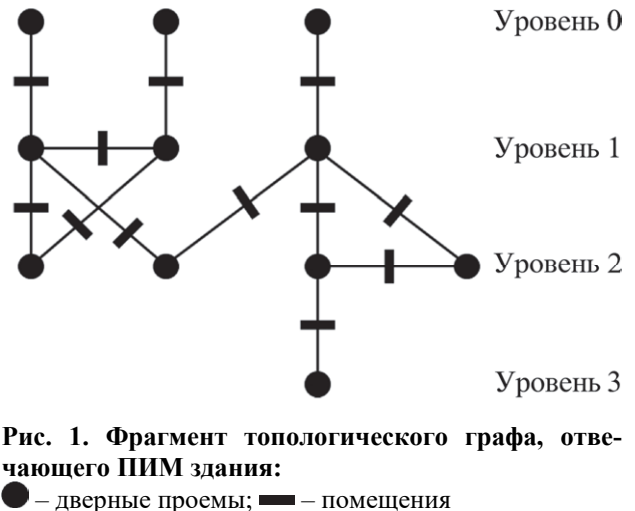


Рис. 1. Фрагмент топологического графа, отвечающего ПИМ здания:

● – дверные проемы; ■ – помещения

Переходя от предотвращенного ущерба (2) к величине предотвращенного риска, в рассматриваемом случае имеем следующее выражение:

$$R = \sum_{m=1}^{m^*} \sum_{b=1}^{b^*} \sum_k v_m v_b P_k^{con} N_0 \times \left\{ P_k^{det} \left[ 1 - \exp\left(-\chi \frac{\tau^{(k)}}{T_e}\right) \right] \right\},$$

где  $P_k^{det}$  – вероятность обнаружения нарушителя в помещениях здания;

$P_k^{con}$  – вероятность корректной работы системы управления людскими потоками в условиях террористической атаки;

$v_m$  – частота проявления  $m$ -й модели нарушителя;

$m^*$  – число возможных моделей нарушителя;

$v_b$  – частота атаки нарушителя через  $b$ -й вход в здание;

$b^*$  – число возможных сценарий начала атаки в здании;

$k$  – номер шага моделирования.

Если принять в первом приближении

$$\sum_{k=1} U^{(k)}(\tau^{(k)}) \approx U\left(\sum_{k=1} \tau^{(k)}\right),$$

то верхняя оценка предотвращенного риска  $R$  при террористической атаке

$$R = N_0 \left( 1 - \exp\left(-\chi \frac{T}{T_e}\right) \right).$$

Уровень инженерно-технической защищенности СЗО характеризуется величиной  $R(T)/N_0$ . Множество оценок уровня антитеррористической защищенности –  $Z = \{z_i \mid i = \overline{1, n}\}$ , где  $z_i$  – количественная оценка уровня антитеррористической защищенности людей  $i$ -го социально значимого объекта совокупности:

$$z_i = S(f_1, f_2, f_3, f_4) / S_0(f_1 = 1, f_2 = 1, f_3 = 1, f_4 = 1),$$

где  $S(f_1, f_2, f_3, f_4) = 0,5 \sin(2\pi/4)(f_1 f_2 + f_2 f_3 + f_3 f_4 + f_4 f_1)$ .

В табл. 2 представлены численные значения характеристик (корпуса 1, 2, 3, 4, 5, 7):  $D$ , [чел./м<sup>2</sup>] – плотность реципиентов риска в здании в момент начала террористической атаки [8];  $\Omega$  – топологическая сложность здания [8].

## 2. Оценка защищенности

| Объект защиты | Исходные данные |          | Расчетные данные |       |
|---------------|-----------------|----------|------------------|-------|
|               | $D$             | $\Omega$ | $R/N_0$          | $z_i$ |
| 1             | 0,079           | 1,36     | 0,617            | 0,99  |
| 2             | 0,102           | 0,84     | 0,633            | 1,00  |
| 3             | 0,071           | 0,32     | 0,380            | 0,84  |
| 4             | 0,126           | 1,84     | 0,789            | 1,09  |
| 5             | 0,030           | 0,95     | 0,753            | 1,07  |
| 6             | 0,046           | 0,81     | 0,645            | 1,01  |

### Ранжирование социально значимых объектов

Для  $i$ -го социально значимого объекта уровень антитеррористической защищенности характеризуется оценкой соответствия

$$q_i = y_i / z_i.$$

При  $q_i > 1$  уровень угрозы превышает уровень защищенности, т.е. требуется усиление системы обеспечения безопасности. При  $q_i < 1$  усиление системы безопасности в общем случае нецелесообразно.

Потребность в модернизации системы обеспечения безопасности зависит от соотношения между уровнями угроз и защищенности. Эффективность системы безопасности СЗО будет приемлемой, если уровень угроз будет соответствовать уровню защищенности. Модернизация системы обеспечения безопасности целесообразна в отношении объектов, для которых  $\delta_i = q_i - 1 > 0$ .

Положим, что  $I$  – множество социально значимых объектов, для которых целесообразна модернизация системы обеспечения безопасности:

$$q_i > 1 \quad \forall i \in I.$$

Потребность в модернизации системы безопасности  $i$ -го объекта тем выше, чем больше  $\delta_i = q_i - 1$  при  $\delta_i > 0$ . Если  $i^*$  – число СЗО, отвечающих условию  $q_i > 1$ , то уровень антитеррористической защищенности совокупности социально значимых объектов будет тем выше, чем меньше значение целевой функции  $F$ :

$$F = \sum_{i=1}^{i^*} (q_i - 1) \rightarrow \min.$$



3. Распределение ресурсов на обеспечение безопасности

| Объект защиты | Расчетные параметры |       |       |            |                |
|---------------|---------------------|-------|-------|------------|----------------|
|               | $y_i$               | $z_i$ | $q_i$ | $\delta_i$ | $\omega_i, \%$ |
| 1             | 1,11                | 0,99  | 1,13  | 0,13       | 11,10          |
| 2             | 1,51                | 1,00  | 1,51  | 0,51       | 45,24          |
| 3             | 0,46                | 0,84  | 0,54  | –          | –              |
| 4             | 1,63                | 1,09  | 1,49  | 0,49       | 43,66          |
| 5             | 0,69                | 1,07  | 0,64  | –          | –              |
| 6             | 0,56                | 1,01  | 0,56  | –          | –              |

Идеальный случай, когда для всех объектов защиты  $q_i = 1$ , при этом значение целевой функции  $F = 0$ .

Если  $\omega_i$  – затраты на модернизацию системы безопасности  $i$ -го социально значимого объекта, а  $W$  – величина средств, выделяемых на модернизацию систем безопасности совокупности объектов, то

$$W = \sum_{i=1}^i \omega_i \forall i \in I, q_i > 1.$$

Затраты на модернизацию системы обеспечения безопасности  $i$ -го социально значимого объекта будут отвечать выражению

$$\omega_i = q_i \frac{W}{F} \forall i \in I, q_i > 1.$$

Табл. 3 иллюстрирует алгоритм распределения средств на модернизацию системы безопасности для рассматриваемой совокупности СЗО (корпуса образовательного учреждения).

Из данных табл. 3 следует, что средства на модернизацию системы антитеррористической защищенности корпусов образовательного учреждения подлежат распределению в отношении  $\omega_2:\omega_4:\omega_1 = 45,24:43,66:11,10$ . Для объектов с  $q_i < 1$  получается  $\delta_i < 0$ , следовательно, нет необходимости в их модернизации.

**Заключение**

По ряду причин происходит возрастание террористической опасности для реципиентов риска социально значимых объектов. Возрастание

опасности требует незамедлительного повышения уровня антитеррористической защищенности. Этой цели служит предлагаемая в работе проблемно-ориентированная система, которая также направлена на сопоставление уровней террористических угроз и защищенности. Сопоставление позволяет выделить совокупность социально значимых объектов, системы обеспечения безопасности которых требуют модификации (в рассматриваемом примере это объекты защиты  $i = 1, 2, 4$ ), и обоснованно распределить ограниченные финансовые ресурсы на модернизацию системы антитеррористической безопасности.

**Библиографический список**

1. Тихомиров Н. П., Новиков А. В. Риски террористических актов и особенности их оценки // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2019. № 2. С. 198–210. DOI: 10.21686/2413-2829-2019-2-198-210
2. Павлов В. Н., Какадий И. И. Угрозы безопасности образовательного учреждения // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6, № 6. С. 305–311. DOI: 10.33619/2414-2948/55/40
3. Боровский А. С., Тарасов А. Д. Интегрированный подход к разработке общей модели функционирования систем физической защиты объектов // Труды института системного анализа. 2011. Т. 61. С. 3–14.
4. Костин В. Н. Оценка потенциала опасности критически важных объектов при возникновении чрезвычайных ситуаций на основе информационно вероятностного метода и метода главных компонент // Информационные технологии. 2020. Т. 26, № 5. С. 297–301.
5. Бочков А. В. О методе синтеза рисков в управлении безопасностью структурно-сложных систем // Надежность. 2020. Т. 20, № 1. С. 1–11. DOI: 10.21683/1729-2646-2020-20-1-57-67
6. Формальный аппарат моделирования и интерпретации антагонистических конфликтов на базе электронного полигона / В. П. Осипов и др. // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2018. № 181. 28 с. DOI:10.20948/prepr-2018-181
7. Бецков А. В., Осташкевич В. А., Ранюк М. А. Методологические подходы к выявлению уязвимости социально важных объектов террористическим угрозам // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2017. Т. 2. С. 307–310.
8. Колодкин В. М., Чирков Б. В. Валидация модели адаптивного управления движением людских потоков в динамической среде ограниченного пространства // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2020. Т. 30(3). С. 480–496. DOI: 10.35634/vm200309

9. **Постановление Правительства РФ** от 02.08.2019 № 1006 (ред. от 05.03.2022) «Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства просвещения Российской Федерации и объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства просвещения Российской Федерации, и формы паспорта безопасности этих объектов (территорий)». URL: <http://government.ru/docs/all/123336/> (дата обращения: 19.12.2023).

10. **Постановление Правительства РФ** от 07.11.2019 № 1421 (ред. от 04.04.2023) «Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) Министерства науки и высшего образования РФ и подведомственных ему организаций, объектов (территорий), относящихся к сфере деятельности Министерства науки и высшего образования РФ, формы паспорта безопасности этих объектов (территорий) и признании утратившими силу некоторых актов Правительства РФ». URL: <http://government.ru/docs/all/124509/> (дата обращения: 19.12.2023).

11. **Демографическая ситуация:** сайт. URL: <https://www.izh.ru/i/info/14842.html> (дата обращения: 05.09.2023).

12. **Краткая характеристика** состояния преступности на территории города Ижевска: сайт. URL: <https://www.izh.ru/i/info/31721.html> (дата обращения: 05.09.2023).

13. **Колодкин В. М., Чирков Б. В.** Компьютерное исследование процесса эвакуации людей из здания при пожаре // *Современные наукоемкие технологии*. 2016. № 12, Ч. 3. С. 496–500.

14. **Холщевников В. В.** Гносеология людских потоков. М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. 592 с.

15. **Самошин Д. А.** Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 210 с.

16. **Колодкин В. М., Болтачев И. И.** Информационная модель здания образовательного учреждения для системы поддержки принятия решений // *Безопасность в техносфере: сб. статей*. 2022. № 15. С. 75–79.

17. **Нападения** на учебные заведения России. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нападения\\_на\\_учебные\\_заведения\\_в\\_России](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нападения_на_учебные_заведения_в_России) (дата обращения: 05.09.2023).

## References

1. Tihomirov N. P., Novikov A. V. (2019). Risks of terrorist acts and features of their assessment. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova*, (2), 198 – 210. [in Russian language] DOI: 10.21686/2413-2829-2019-2-198-210

2. Pavlov V. N., Kakadiy I. I. (2020). Threats to the security of an educational institution. *Byulleten' nauki i*

*praktiki*, 6(6), 305 – 311. [in Russian language] DOI: 10.33619/2414-2948/55/40

3. Borovskiy A. S., Tarasov A. D. (2011). An integrated approach to the development of a general model for the functioning of physical protection systems for objects. *Trudy instituta sistemnogo analiza*, 61, 3 – 14. [in Russian language]

4. Kostin V. N. (2020). Assessment of the hazard potential of critical objects in the event of emergency situations based on the information probabilistic method and the principal component method. *Informatsionnye tekhnologii*, 26(5), 297 – 301. [in Russian language]

5. Bochkov A. V. (2020). On the method of risk synthesis in safety management of structurally complex systems. *Nadezhnost'*, 20(1), 1 – 11. [in Russian language] DOI: 10.21683/1729-2646-2020-20-1-57-67

6. Osipov V. P. et al. (2018). A formal apparatus for modeling and interpreting antagonistic conflicts based on an electronic test site. *Preprinty IPM im. M.V. Keldysha*, 181. [in Russian language] DOI:10.20948/prepr-2018-181

7. Betskov A. V., Ostashkevich V. A., Ranyuk M. A. (2017). Methodological approaches to identifying the vulnerability of socially important objects to terrorist threats. *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo»*, 2, 307 – 310. [in Russian language]

8. Kolodkin V. M., Chirkov B. V. (2020). Validation of a model for adaptive control of human flows in a dynamic environment of limited space. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Matematika. Mekhanika. Komp'yuternye nauki*, 30(3), 480 – 496. [in Russian language] DOI: 10.35634/vm200309

9. *Decree of the Government of the Russian Federation No. 1006 "On approval of requirements for anti-terrorist protection of objects (territories) of the Ministry of Education of the Russian Federation and objects (territories) related to the sphere of activity of the Ministry of Education of the Russian Federation, and the form of a safety passport for these objects (territories)."* Retrieved from <http://government.ru/docs/all/123336/> (Accessed: 19.12.2023). [in Russian language]

10. *Decree of the Government of the Russian Federation No. 1421 "On approval of requirements for anti-terrorist protection of objects (territories) of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and subordinate organizations, objects (territories) related to the scope of activity of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, forms of safety passports for these objects (territories) ) and the recognition of certain acts of the Government of the Russian Federation as invalid."* Retrieved from <http://government.ru/docs/all/124509/> (Accessed: 19.12.2023). [in Russian language]

11. *Demographic situation: website*. Retrieved from <https://www.izh.ru/i/info/14842.html> (Accessed: 05.09.2023). [in Russian language]

12. *Brief description of the state of crime in the city of Izhevsk: website*. Retrieved from <https://www.>

izh.ru/i/info/31721.html (Accessed: 05.09.2023). [in Russian language]

13. Kolodkin V. M., Chirkov B. V. (2016). Computer study of the process of evacuating people from a building in case of fire. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, (12), part 3, 496 – 500. [in Russian language]

14. Holshchevnikov V. V. (2019). *Epistemology of human flows*. Moscow: Akademiya GPS MChS Rossii. [in Russian language]

15. Samoshin D. A. (2016). *Composition of human flows and parameters of their movement during evacua-*

*tion*. Moscow: Akademiya GPS MChS Rossii. [in Russian language]

16. Kolodkin V. M., Boltachev I. I. (2022). Information model of an educational institution building for a decision support system. *Bezopasnost' v tekhnosfere: sbornik statey*, 15, 75 – 79. [in Russian language]

17. *Attacks on Russian educational institutions*. Retrieved from [https://ru.wikipedia.org/wiki/Нападения\\_на\\_учебные\\_заведения\\_в\\_России](https://ru.wikipedia.org/wiki/Нападения_на_учебные_заведения_в_России) (Accessed: 05.09.2023). [in Russian language]

При цитировании использовать:

**Колодкин В. М., Варламова Д. М., Шакиров А. Д.** Распределение ресурсов на обеспечение антитеррористической безопасности социально значимых объектов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2024. Т. 21, № 1. С. 46 – 54. DOI: 10.14489/vkit.2024.01.pp.046-054

Kolodkin V. M., Varlamova D. M., Shakirov A. D. (2024). Distribution of Resources to Ensure Anti-Terrorist Security of Socially Significant Facilities. *Vestnik komp'yuternyh i informatsionnyh tekhnologiy*, 21(1), 46 – 54. [in Russian language]. DOI: 10.14489/vkit.2024.01.pp.046-054



Спектр

Издательский дом

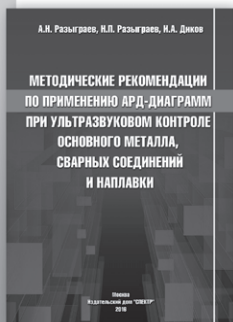
Разыграев А.Н., Разыграев Н.П., Диков И.А.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ АРД-ДИАГРАММ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА, СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И НАПЛАВКИ**

ISBN 978-5-4442-0116-9. Формат - 60x90 1/16, 78 страниц, год издания - 2016.

Настоящие «Методические рекомендации по применению АРД-диаграмм при ультразвуковом контроле основного металла, сварных соединений и наплавки» разработаны в Лаборатории диагностики атомного энергетического оборудования.

Предназначены для операторов, инженерно-технических работников по контролю основного металла, сварных соединений при изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудования, трубопроводов и металлоконструкций, а также студентов вузов в качестве учебного пособия.



385 руб.

119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. 000 «Издательский дом «Спектр»  
Телефон отдела реализации: (495) 514-26-34. Дополнительный телефон офиса: (926) 615 17 16.  
E-mail: zakaz@idspektr.ru. Http://www.idspektr.ru

www.idspektr.ru

Реклама