

# СОЦИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ПРОБЛЕМЫ РИСКОВ БЕЗОПАСНОСТИ

**Н.Л. Присяжнюк, кандидат технических наук, профессор;**

**А.А. Чистякова;**

**В.А. Сидоркин, кандидат педагогических наук,  
почетный работник науки и техники Российской Федерации.**

**Академия ГПС МЧС России.**

**В.Н. Шангин.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предлагается динамическая стохастическая модель социотехнической системы с векторно-матричным представлением показателей техногенных, природных и пожарных рисков для осуществления эффективного управления рисками, разработке организационно-технических мероприятий по снижению рисков, уменьшению экономического ущерба.

*Ключевые слова:* техногенный риск, природный риск, пожарный риск, социотехническая система, случайный процесс, система обеспечения пожарной безопасности, экономический эквивалент, экономический ущерб

## SOCIO-TECHNICAL SYSTEMS. PROBLEMS SECURITY RISKS

N.L. Prisyazhnyuk; A.A. Chistyakova; V.A. Sidorkin.

Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.N. Shangin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

It proposed a dynamic stochastic model of socio-technical systems with vector-matrix representation of the indicators of anthropogenic, natural and fire risks for effective risk management, the development of technical and organizational measures to reduce risk, reduce economic losses.

*Keywords:* technological risk, environmental risk, fire risk, sociotechnical system, random process, system of fire safety, economic value, economic damage

Термин «риск» имеет достаточно древнее происхождение. В XIII в. возникают попытки осмысления понятия риск, по мнению Бернштейна [1], это происходит благодаря азартным играм, известным с древности.

Далее идет осмысление закономерности игры, предпринимаются попытки разработать статистические принципы теории вероятности.

Разрабатывается теория вероятности, позволяющая оценивать величину риска. Паскалем Б. и П. Ферма предложен системный метод вычисления вероятности событий, которые произойдут в будущем.

Джон Грант в своих работах использовал выборочные и вероятностные методы, которые являлись основой управления риском.

Бернулли Я. обосновал закон больших чисел и все необходимые процедуры статистики. Он рассмотрел, как, располагая определенным набором данных, возможно рассчитать вероятность событий, а также их статистическую значимость, сформулировал задачу для определения вероятности: имея ограниченный выбор существующих реальных событий, возможно допустить то, что при одинаковых условиях наступление (или ненаступление) какого-либо события в будущем следует тем же закономерностям, что и в прошлом. Затем им вводится понятие «полезность риска», когда при выборе решения больше всего внимания уделяется последствиям риска, а не вероятности его наступления.

Благодаря исследованиям Й. фон Тюнена, появились различия между «условиями риска» (то есть условиями, вероятность которых может быть рассчитана) и «условиями неопределенности» (то есть условиями, вероятность которых непредсказуема).

Далее риск стал рассматриваться как результат воздействия искусственных и естественных факторов. Возникла потребность системного подхода к управлению рисками. Стали появляться различные системы оценки и прогнозирования для эффективного управления рисками. Для количественного измерения величины риска стали применять теорию вероятности и понятие «случайность».

Американский экономист Ф. Найт считал, что необходимо разделять такие понятия, как риск и неопределенность. «Измеримая неопределенность – риск; неизмеримая неопределенность – по существу является неопределенностью» [2].

Американскими психологами Д. Канеманом и Э. Тверски было проведено исследование поведения людей в условиях риска и неопределенности. Ими разработана теория перспектив, описывающая стереотипы поведения людей.

В настоящее время особо остро стоит проблема снижения рисков, а также проблема эффективного управления рисками, с целью защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Для решения данных проблем разрабатываются целевые программы, которые являются одним из важнейших средств реализации структурной политики государства и являются документами стратегического планирования.

К ним относятся [3]:

1. Охрана окружающей среды на 2012–2020 гг.
2. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах.
3. Обеспечение государственной безопасности.

Из анализа проблем управления техногенными, природными и пожарными рисками следует необходимость совершенствования методов оценки данных рисков с целью снижения размера экономического ущерба, снижения затрат от экологического ущерба и техногенных катастроф, снижения количества погибших людей, сокращения пожаров в зданиях и сооружениях.

В методологии оценки рисков предлагается применять динамическую стохастическую модель социотехнической системы с векторно-матричным представлением показателей техногенных, природных и пожарных рисков с целью повышения адекватности моделей, описывающих риски реальных объектов [4].

Социотехническая система представлена ориентированным графом:

$$O = \{O, V\}. \quad (1)$$

Множество вершин графа (1) есть множество объектов находящихся на некоторой территории:

$$O = \{o_i\}, \quad i = \{1, \dots, N\}.$$

Множество дуг графа (1):

$$V = \{v_{ij}\}, \quad v_{ij} = (o_i, o_j)$$

отражает попарное взаимодействие между указанными объектами.

Текущее состояние каждого объекта описывается вектором:

$$\vec{p}_j = (p_1^j, \dots, p_i^j, \dots, p_g^j),$$

компоненты которого  $p_i^j$  – вероятности пребывания  $j$ -го объекта в  $i$  состоянии.

При негативном воздействии вида  $k$  со стороны объекта  $O_i$  происходит изменение состояний  $j$ -го объекта. При моделировании возникающих опасных событий вида  $k$ , представляющих угрозу для объекта  $O_i$ , используются вероятности их появления  $P_i^k$  на объекте  $O_i$  в течение определенного временного интервала  $\Delta t$ .

В случае реализации угрозы вида  $k$  при возникновении соответствующего опасного события на объекте  $O_i$  моделирование рисков требует описания ущерба в векторной форме. Это возможно на основе введения «вектора последствий», отражающего негативные последствия для объекта защиты.

Различается «вектор ожидаемых последствий» и «вектор возможных последствий», «вектор ожидаемых последствий» характеризует ожидаемый ущерб.

Для определения ущерба, ожидаемого при наступлении опасного события, вектор состояния объекта в момент времени, предшествующий возникновению опасного события, связывается с «вектором ожидаемых последствий» реализации угрозы вида  $k$  из соответствующего векторного пространства с помощью оператора:

$$\vec{v}_j = p_j^0 \vec{H}_j^{k_i}.$$

Компоненты  $\theta_{ls}^k$  матрицы оператора  $H_j^{k_i}$  характеризуют уязвимость объекта  $O_i$  к негативному воздействию  $k$  и представляют условные вероятности наступления последствий  $s = \{1, \dots, S\}$  в зависимости от исходного состояния  $l = \{1, \dots, L\}$ :

$$H_j^{k_i} = \begin{pmatrix} \theta_{11}^k & \dots & \theta_{1S}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \theta_{L1}^k & \dots & \theta_{LS}^k \end{pmatrix}.$$

«Вектор вероятных последствий», характеризующий степень риска для объекта защиты, можно представить следующим образом:

$$\vec{r}_j = \vec{v}_j P_i^k.$$

Компоненты вектора вероятных последствий представляют собой произведение отдельных ожидаемых негативных для объекта защиты последствий на вероятность наступления в течение определенного временного интервала  $\Delta t$  соответствующего опасного события:

$$\vec{r}_j = (r_1^j, \dots, r_s^j, \dots, r_s^j) = (v_1^j P_i^k, \dots, v_s^j P_i^k, \dots, v_s^j P_i^k) \quad (2)$$

Компоненты (2) представляют вероятности наступления отдельных негативных для объекта защиты событий, рассматриваемых как композиции двух событий. Первое событие «объект  $O_i$  подвергается опасности вида  $k$  при наступлении соответствующего опасного события на объекте  $O_i$ » имеет вероятность  $P_i^k$ . Второе событие «возможность наступления негативного последствия  $s$  для объекта  $O_i$  вследствие реализации рассматриваемой угрозы» характеризуется условной вероятностью  $v_s^j$ .

Это позволяет трактовать компоненты вектора вероятных последствий как показатели отдельных рисков. А сам вектор вероятных последствий применять в качестве характеристики совокупности однородных рисков.

При обеспечении техногенной безопасности, экологической и противопожарной защиты с целью выбора оптимальных решений проводят анализ возможности соответствующих изменений компонент матриц операторов с учетом текущего состояния объектов защиты [5].

В качестве объекта защиты могут рассматриваться люди, здания и сооружения, имущество, оборудование, окружающая среда. Источником опасности могут являться различные потенциально опасные объекты, технологическое оборудование, люди и др.

При обеспечении противопожарной защиты на основе введения «вектора последствий», отражающего негативные последствия для объекта защиты, полученные показатели отдельных рисков позволяют разрабатывать мероприятия по защите объекта, при которых средняя величина экономического ущерба на одном пожаре будет составлять менее 300 тыс. руб. Данная оценка проводилась по пожарам с документально подтвержденным ущербом по показателю «размер экономического ущерба» и является экономическим эквивалентом двух показателей – «количество зарегистрированных пожаров» и «размер экономического ущерба» [6].

Под экономическим эквивалентом одного погибшего понимается возмещение, равное 3,8 млн руб. на одного погибшего.

Под экономическим эквивалентом одного травмированного понимается, соответственно, возмещение, которое должен получить человек при потере здоровья в результате пожара. В расчетах принята величина 500 тыс. руб. на одного травмированного.

Под экономическим эквивалентом одного спасенного понимается возможный вклад спасенного человека в развитие экономики государства. В расчетах принята величина, равная 3 800 тыс. руб. на одного спасенного.

Данная динамическая стохастическая модель социотехнической системы с векторно-матричным представлением показателей техногенных, природных и пожарных рисков позволяет осуществлять эффективное управление рисками, максимально правильно спрогнозировать будущую ситуацию, разработку организационно-технических мероприятий по снижению рисков, уменьшению экономического ущерба с учетом эквивалентных показателей травмированных и погибших людей.

Для того чтобы управленческое решение было признано эффективным, необходимо, чтобы эффект, порожденный его реализацией, был положительным. При сравнении альтернативных решений предпочтение должно отдаваться решению с наибольшим значением эффекта.

Косвенная экономическая эффективность – сохранение здоровья и жизни людей, снижение экономических и экологических потерь на объектах экономики в результате аварий, катастроф и пожаров.

Каждое мероприятие должно иметь конкретные количественные и качественные оценки социальных, экологических и экономических результатов реализации мероприятий,

при этом под результатами понимается снижение рисков (предотвращение) возможных последствий чрезвычайных ситуаций или смягчение (ликвидация) наступивших последствий чрезвычайных ситуаций, а также соответствовать законодательству Российской Федерации и иметь правовое обоснование (соответствовать нормам и правилам).

В связи с многовекторностью изучения рисков для эффективного решения задач по обеспечению безопасности объектов необходим единый научно-практический подход к их исследованию.

### **Литература**

1. Бернштейн П. Против богов: Укрощение риска / пер. с англ. М.: Олимп-Бизнес, 2000.
2. Найт Ф.Х. Риск, неопределенность и прибыль / пер. с англ. М.: Дело, 2003.
3. Перечень федеральных целевых программ и федеральных программ развития регионов, предусмотренных к финансированию из федерального бюджета. URL: <http://fcp.economy.gov.ru> (дата обращения: 14.12.2016).
4. Чистякова А.А. Динамическая стохастическая модель угроз в социотехнической системе: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов по проблемам техносферной безопасности. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2015. С. 182–186.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.05.2015).
6. Прус Ю.В., Колесникова А.Р., Чистякова А.А. Векторно-матричное представление рисков в социотехнических системах // Системы безопасности-2015: материалы XXIV Междунар. научн.-техн. конф. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2015. С. 30–33.
7. О федеральной целевой программе «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года»: Постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2012 г. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А. Основы теории пожарных рисков и ее приложения. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2012. 192 с.
9. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. 178 с.
10. Чистякова А.А. Биоценоз. Моделирование граней рисков безопасности // Естественные науки. М.: Изд-во «Спутник +», 2016. № 10 (100). С. 45–47.
11. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков. М.: Изд. центр «Академия», 2008. 368 с.
12. Быков А.А., Порфирьев Б.Н. О взаимосвязи риска с родственными понятиями и терминологии риск-менеджмента // Проблемы анализа риска. 2013. Т. 10. № 4. С. 4–12.

### **References**

1. Bernstajn P. Protiv bogov: Ukroshchenie riska / per. s angl. M.: Olimp-Biznes, 2000.
2. Najt F.H. Risk, neopredelennost' i pribyl' / per. s angl. M.: Delo, 2003.
3. Perechen' federal'nyh celevykh programm i federal'nyh programm razvitiya regionov, predusmotrennyh k finansirovaniyu iz federal'nogo byudzheta. URL: <http://fcp.economy.gov.ru> (data obrashcheniya: 14.12.2016).
4. Chistyakova A.A. Dinamicheskaya stohasticheskaya model' ugroz v sociotekhnicheskoy sisteme: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i specialistov po problemam tekhnosfernoj bezopasnosti. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2015. S. 182–186.
5. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon Ros. Federacii ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ // EHLEKTRONNYJ FOND pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentacii. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 21.05.2015).
6. Prus Yu.V., Kolesnikova A.R., Chistyakova A.A. Vektorno-matrichnoe predstavlenie riskov v sociotekhnicheskikh sistemah // Sistemy bezopasnosti-2015: materialy XXIV Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2015. S. 30–33.

7. O federal'noj celevoj programme «Pozharnaya bezopasnost' v Rossijskoj Federacii na period do 2017 goda»: Postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 30 dek. 2012 g. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
8. Brushlinskij N.N., Sokolov S.V., Klepko E.A. Osnovy teorii pozharnyh riskov i ee prilozheniya. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2012. 192 s.
9. Brushlinskij N.N., Sokolov S.V. Sovremennye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti v Rossii. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2014. 178 s.
10. CHistyakova A.A. Biocenoz. Modelirovanie granej riskov bezopasnosti // Estestvennye nauki. M.: Izd-vo «Sputnik +», 2016. № 10 (100). S. 45–47.
11. Vishnyakov Ya.D., Radaev N.N. Obshchaya teoriya riskov. M.: Izd. centr «Akademiya», 2008. 368 s.
12. Bykov A.A., Porfir'ev B.N. O vzaimosvyazi riska s rodstvennymi ponyatiyami i terminologii risk-menedzhmenta // Problemy analiza riska. 2013. T. 10. № 4. S. 4–12.