

# ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ

НАУЧНО-  
АНАЛИТИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

№ 2 [26]  
2013

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ  
И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ

ОЦЕНКА РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ  
ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ,  
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ  
УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

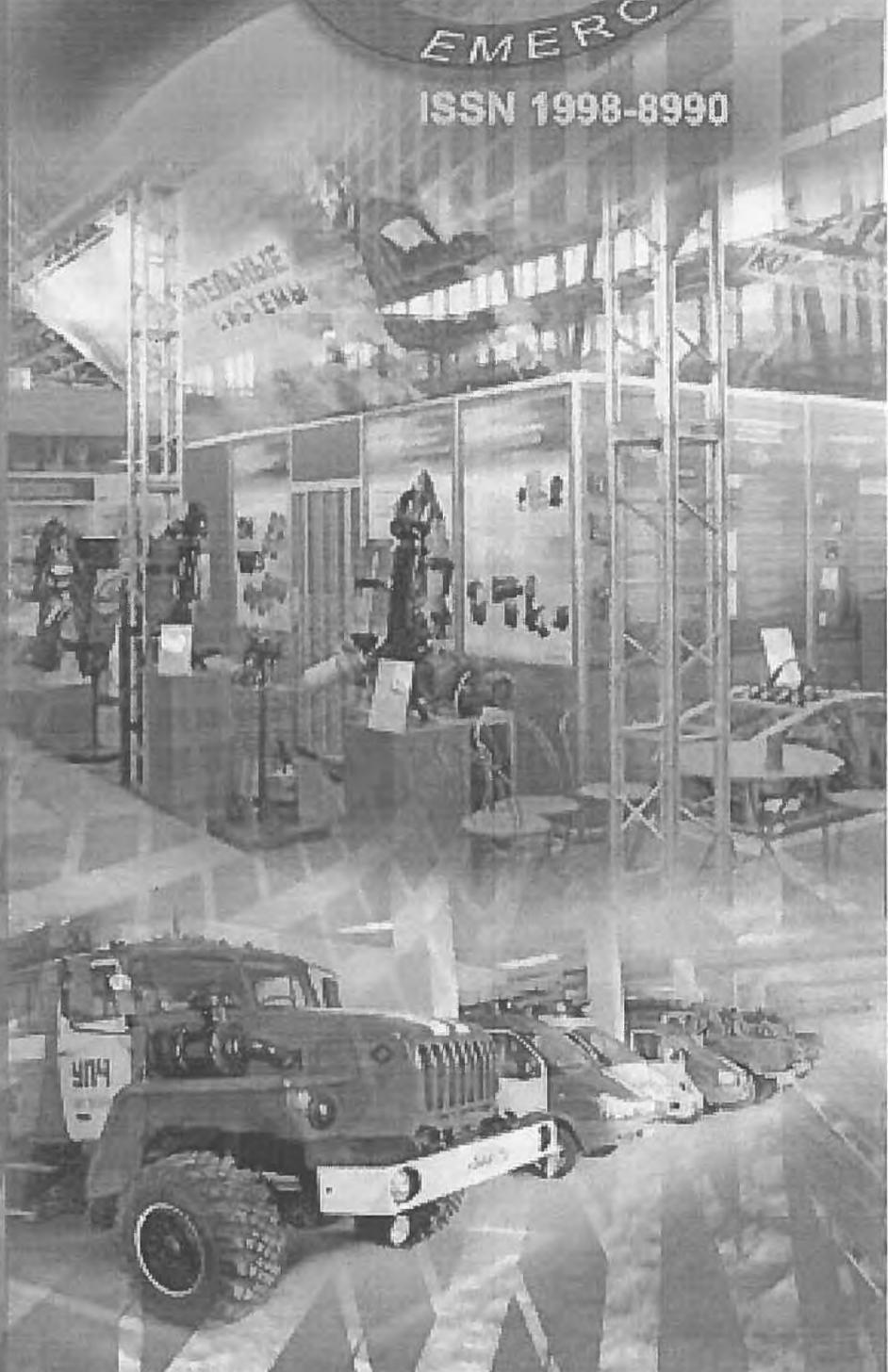
ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ  
К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА  
В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ



ISSN 1998-8990



в отрыве от других подразделений. Но во всех случаях одним из решающих условий достижения успеха при ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ является высокий уровень подготовки всего личного состава спасательных центров МЧС России.

### **Литература**

1. Концепция создания общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей: [сайт]. URL : [http://arghon.ru/articles/laws/conception\\_oksion.pdf](http://arghon.ru/articles/laws/conception_oksion.pdf) (дата обращения: 16.02.2013).

2. МЧС России: [сайт]. URL: <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 16.02.2013).

3. Организация и технология ведения АСДНР при наводнениях и катастрофических затоплениях местности: Наставление по организации и технологии ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ при чрезвычайных ситуациях М.: ВНИИ ГОЧС, 2001.

4. О спасательных воинских формированиях Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Указ Президента Рос. Федерации от 30 сент. 2011 г. № 1265: [сайт]. URL : <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 18.02.2013).

5. О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ: [сайт]. URL: <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 19.02.2013).

## **ДЕРЕВЬЯ СОБЫТИЙ КАК СРЕДСТВО ОЦЕНКИ ПОЖАРНОГО РИСКА ЖИЛОГО СЕКТОРА**

**А.Д. Кузык, кандидат физико-математических наук, доцент;**

**О.А. Карабын, кандидат физико-математических наук, доцент;**

**С.А. Емельяненко.**

**Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности**

Построено дерево событий, с помощью которого оценены риски возникновения с пожаров в жилых зданиях г. Львова. Проведена проверка гипотезы о соответствии распределения значений рисков теоретическим законам. Установлено, что риск возникновения пожара по причине неосторожного обращения с огнем подлжит нормальному закону распределения, а по причинам нарушений эксплуатации электрооборудования и отопления – экспоненциальному.

*Ключевые слова:* пожарный риск, нормальное распределение, экспоненциальное распределение

## **THE EVENT TREES AS A FIRE RISK EVALUATOR OF RESIDENTIAL SECTOR**

**A.D. Kuzyk; O.A. Karabyn; S.A. Emelianenko.**

**Lvov State university of life safety**

The event tree which helps us to estimate the risk to face the fire in Lvov residential buildings according to the causes of fires was built. The verification of the hypothesis about the distribution of risks' values according to the theoretical laws was conducted. It was established that

the risks to face the fire due to careless handling of fire are normally distributed, and for reasons of violations of the use of electrical and heating systems are exponentially distributed.

*Keywords:* fire risk, normal distribution, exponential distribution

Одним из средств оценки пожарного риска жилого сектора является дерево событий – графически выраженная логическая модель, которая отображает последствия чрезвычайных ситуаций [1].

Деревья событий используются для оценки индивидуальных, социальных и материальных рисков, возникающих в результате чрезвычайных ситуаций [2]. Для их оценки составляют сценарии развития нежелательных событий (пожар, авария).

Преимущество использования деревьев событий в сравнении с другими методами заключается в том, что анализ ограничивается событиями и элементами системы, которые приводят к возникновению пожара или аварии.

Исследованию рисков с использованием деревьев событий посвящены работы Т. Авен [1], D. Yung [2], Н.Н. Брушлинского [3], Е. Хенли, Х. Кумамото [4], Р. Janik [5], В.В. Костерева [6], В.В. Бегуна [7] и др., но их результаты ограничивались усредненными оценками значений рисков для возможных исходов, определяемых деревом событий, и не учитывали их распределений.

Для расчета риска возникновения пожара в жилом секторе г. Львова в зависимости от причин использованы деревья событий, которые позволяют учитывать административные районы, группы жилых зданий и причины, по которым возникают пожары. Исследован вопрос о характере распределения случайной величины – риска.

Основой управления рисками является уменьшение вероятностей возникновения чрезвычайных ситуаций и связанных с ними ущербов. Для расчета риска возникновения пожара с помощью дерева событий, использованы следующие вероятности, которые свойственны определенным административным районам города:

- вероятность возникновения пожара по районам;
- вероятность возникновения пожара по группам жилых зданий;
- вероятность возникновения пожара по причинам возникновения.

Риск для каждого сценария рассчитан как произведение вероятности возникновения конкретного сценария на его последствие (ущерб). В нашем случае ущерб в зависимости от вида пожарного риска (возникновения пожара, гибели человека, материальный ущерб) рассчитывается на основании статистической информации как величина, обратная плотности ( $K$ , чел./кв.) заселения соответствующего района г. Львова  $r$  (табл. 1).

Таблица 1. Плотность заселения квартир г. Львова по административным районам (средние значения в период 2002–2011 гг.)

Район	$K$ ,
Зализнычный	2,48
Галицкий	2,42
Лычаковский	2,81
Шевченковский	3,04
Франковский	2,66
Сыховский	2,98
г. Львов	2,75

Рассмотрим дерево событий случайной величины «риск возникновения пожара» в зависимости от группы жилого здания, одного из административных районов г. Львова, для которого характерны повышенные значения рисков (Зализнычный район). В этом районе города сосредоточены жилые здания следующих групп: 1 – особняки, 2 – исторические, 3 – 4–8-этажные, 4 – 8–9-этажные, 5 – выше 10 этажей, 6 – общежития.

Основными причинами возникновения пожара согласно пожарной статистике являются:

- неосторожное обращение с огнем (НОсО);
- нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования (НППБ при ЭЭ);

- нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации систем отопления (НППБ при ЭСО). Другие причины возникновения пожаров относятся к НОсО. Анализ статистической информации о пожарах, возникших в г. Львове в период с 2002 по 2011 гг., показывает, что 81,5 % пожаров произошло вследствие неосторожного обращения с огнем, 14,9 % – нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования, а 3,6 % – нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации систем отопления.

Используя формулы условной вероятности для вычисления статистической вероятности сценариев возникновения пожаров, получим:

$$\begin{aligned} \frac{M}{L} &= \frac{M}{N} \cdot \frac{N}{L} = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6}{N} \cdot \frac{N}{L} = \\ &= \left[ \frac{M_1}{N_1} \cdot \frac{N_1}{N} + \frac{M_2}{N_2} \cdot \frac{N_2}{N} + \frac{M_3}{N_3} \cdot \frac{N_3}{N} + \frac{M_4}{N_4} \cdot \frac{N_4}{N} + \frac{M_5}{N_5} \cdot \frac{N_5}{N} + \frac{M_6}{N_6} \cdot \frac{N_6}{N} \right] \cdot \frac{N}{L} = \\ &+ \left[ \frac{M_{41} + M_{42} + M_{43}}{N_4} \cdot \frac{N_4}{N} + \frac{M_{51} + M_{52} + M_{53}}{N_5} \cdot \frac{N_5}{N} + \frac{M_{61} + M_{62} + M_{63}}{N_6} \cdot \frac{N_6}{N} \right] \cdot \frac{N}{L} = \\ &= \frac{N}{L} \cdot \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 \frac{M_{ij}}{N_i} \cdot \frac{N_i}{N} = \frac{1}{L} \cdot \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 M_{ij} \end{aligned}$$

где  $M$  – количество квартир в районе, в которых возникали пожары;  $L$  – общее количество квартир в г. Львове;  $N$  – общее количество квартир в Зализничном районе. Индекс  $i = \overline{1,6}$  соответствует группе жилого здания, индекс  $j = \overline{1,3}$  соответствует причине пожара.

Результаты вычислений используем для построения дерева событий для риска возникновения пожара по причинам возникновения. На рисунке изображен фрагмент дерева событий для особняков Зализничного района г. Львова.

Поскольку закон распределения случайной величины дает исчерпывающую информацию о случайной величине, рассмотрим статистические гипотезы о соответствии законов распределения случайной величины «риск возникновения пожара» двум основным законам распределения: нормальному и экспоненциальному. В результате обнаружены определенные закономерности (табл. 2).

Для групп жилых зданий (особняки, исторические, 4–8-этажные и 9–10-этажные) по причине неосторожного обращения с огнем, риск, в большинстве случаев, распределен согласно нормальному закону, кроме особняков Галицкого района (историческая часть города) и всего города.

В жилых зданиях исторической застройки риск возникновения пожара по причине нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования и систем отопления преимущественно подпадает экспоненциальному закону распределения.

В особняках г. Львова, кроме Сыховского района, риск возникновения пожара по причине нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования подпадает нормальному распределению, а по причине нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации систем отопления – экспоненциальному.

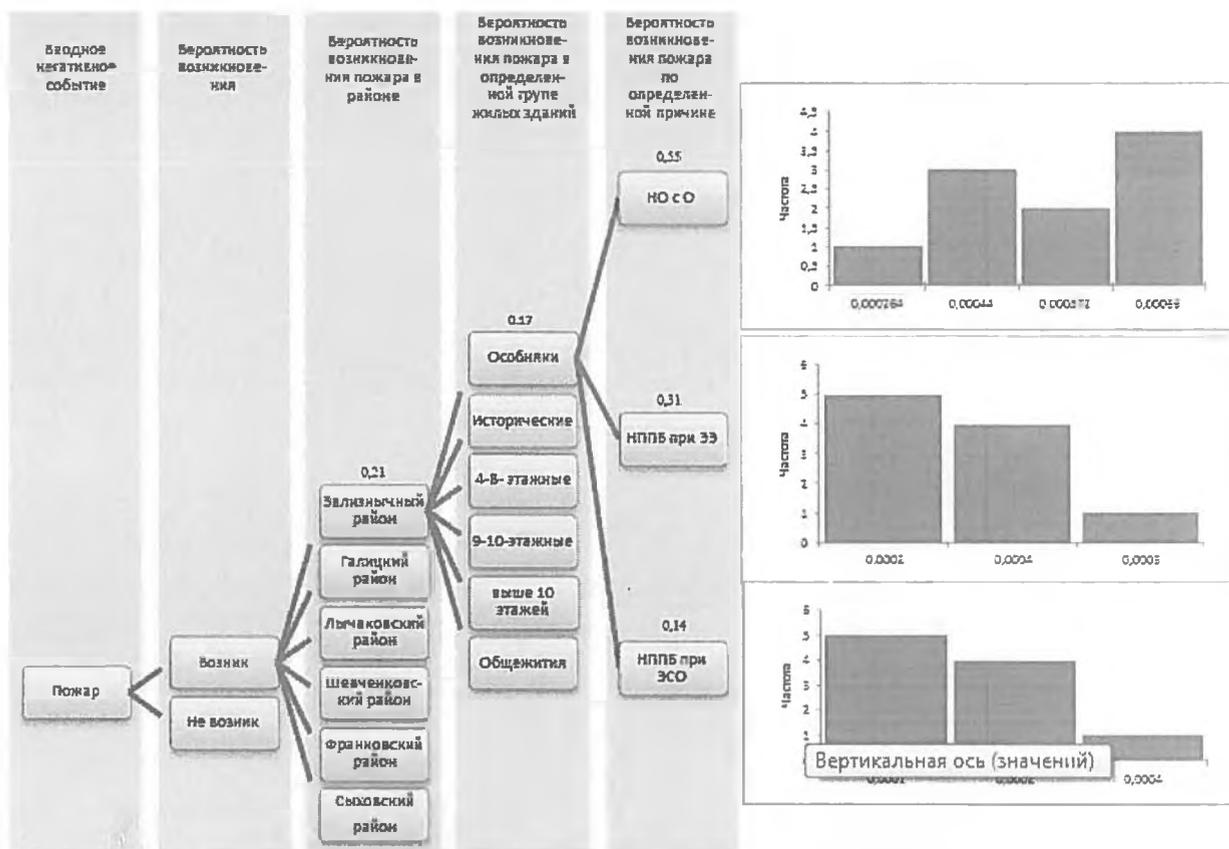


Рис. Фрагмент дерева событий для оценки риска возникновения пожара в особняках Зализнычного района г. Львова в период 2002–2011 гг.

Таблица 2. Соответствие распределений пожарных рисков по причинам и группам жилых зданий стандартным законам распределения

Район	Причина	Группа жилого здания					
		особняки	исторические	4–8 эт.	9–10 эт.	>10 эт.	общежития
Зализнычный	НОсО	norm	norm	norm	norm	norm	–
	НППБ при ЭЭ	exp	exp	exp	exp	norm	–
	НППБ при ЭСО	exp	exp	exp	–	–	–
Галицкий	НсО	exp	norm	norm	–	–	–
	НППБ при ЭЭ	–	exp	–	–	–	–
	НППБ при ЭСО	–	exp	–	–	–	–
Лычаковский	НОсО	norm	norm	norm	norm	exp	–
	НППБ при ЭЭ	norm	exp	exp	exp	–	–
	НППБ при ЭСО	exp	exp	–	–	–	–
Шевченковский	НОсО	–	norm	norm	norm	exp	–
	НППБ при ЭЭ	norm	–	exp	exp	–	–
	НППБ при ЭСО	exp	exp	–	–	–	–
Франковский	НОсО	norm	norm	norm	norm	exp	–
	НППБ при ЭЭ	norm	exp	–	–	–	–
	НППБ при ЭСО	–	exp	–	–	–	–
Сыховский	НОсО	norm	–	norm	–	norm	–
	НППБ при ЭЭ	exp	–	–	–	–	–
	НППБ при ЭСО	–	–	–	–	–	–
г. Львов	НОсО	exp	–	norm	norm	norm	exp
	НППБ при ЭЭ	norm	exp	–	–	exp	exp
	НППБ при ЭСО	exp	exp	–	–	–	–

Примечание: «norm» – нормальное распределение; «exp» – экспоненциальное распределение; «–» – не принадлежит ни одному из распределений.

В жилых зданиях 4–8 и 9–10-этажных групп Зализнычного, Шевченковского и Лычаковского районов наблюдается экспоненциальный закон распределения рисков пожаров, возникших по причине нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования.

В жилых зданиях, имеющих более 10 этажей во Франковском, Шевченковском, Лычаковском районах распределение риска возникновения пожара по причине неосторожного обращения с огнем является экспоненциальным, а для г. Львова в целом, а также для Зализнычного и Сьховского районов – нормальным.

Для общежитий г. Львова по причине неосторожного обращения с огнем и по причине нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования характерным является экспоненциальный закон распределения рисков.

Системы индивидуального отопления используются преимущественно в особняках и исторических жилых зданиях, а в 4–8 и 9–10-этажных – встречаются очень редко. В связи с этим риски по этой причине не рассматриваются.

Риски, соответствующие экспоненциальному закону распределения, связаны, в основном, с причиной нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования и нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации систем отопления [7]. Это согласуется с теорией надежности, согласно которой именно экспоненциальный закон распределения применим к описанию вероятности безотказной работы инженерно-технических систем.

Средние значения риска возникновения пожара для особняков Зализнычного района г. Львова приведены в табл. 3.

Таблица 3

Причины пожаров	НО с О	НППБ при ЭЭ	НППБ при ЭСО
Среднее значение рисков (пож/чел год)	$4,7 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$

Риски, связанные с неосторожным обращением с огнем, в целом, подчиняются нормальному распределению, свойственному случайным, несвязанным между собой событиям, обусловленным также и человеческим фактором. Можно утверждать, что величина риска в жилых зданиях соответствующих групп по этим причинам находится в определенном промежутке, например, риск столкнуться с пожаром для жителей особняков Зализнычного района: по причине неосторожного обращения с огнем находится в промежутке ( $3,18 \cdot 10^{-4}$ ;  $6,32 \cdot 10^{-4}$ ) (пож/чел год) и считается высоким или неприемлемым; по причине нарушений правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования – в пределах от незначительного до высокого ( $1 \cdot 10^{-7}$ ;  $2 \cdot 10^{-4}$ ) (пож/чел год); по причине нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации систем отопления – также в диапазоне от незначительного до высокого ( $1 \cdot 10^{-7}$ ;  $1 \cdot 10^{-4}$ ) (пож/чел год). Пожарный риск по совокупности указанных причин равен  $9,32 \cdot 10^{-4}$  (пож/чел год) и является неприемлемым. Соответствующие распределения вероятностей рисков, их средние значения в соответствующих районах города и группах жилых зданий и доверительные интервалы следует учитывать при проведении профилактической деятельности инспекторами противопожарной службы.

Таким образом, используя деревья событий, можно определить не только количественные оценки пожарного риска, которые являются случайными величинами, но и их законы распределения.

#### Литература

1. Aven T. Quantitative risk assessment: the scientific platform. Norway: University of Stavanger; Cambridge University Press, 2011. 211 p.

2. Yung David Tin Lam Principles of fire risk assessment in buildings. Toronto: Yung & Associates Inc. Canada, 2008. 227 p.
3. Пожарные риски. Прогнозирование динамики пожарных рисков / под. ред. Н.Н. Брушлинского. М.: ФГУ ВНИИПО, 2005. Вып. 3. 64 с.
4. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. М.: Машиностроение, 1984. 528 с.
5. Pawel Janik Ocena ryzyka w procesie przeciwdzialania zagrozeniom ludzi i srodowiska (cz. II) // Patrz: Ochrona Przeciwpozarowa, 2004. № 4. С. 18–25.
6. Костерев В.В. Надежность технических систем и управление риском: учеб. пособие. М.: МИФИ, 2008. 280 с.
7. Бегун В.В. Моніторинг безпеки на основі аналізу імовірнісних структурно-логічних моделей виробництва // Моделювання та інформаційні технології. Київ: ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2009. Вип. 52. С. 17–26.

