

*В.А. Минаев, Н.Г. Топольский, Чу Куок Минь (Россия, Вьетнам)*  
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: chuminh114@yahoo.com)

## **СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ**

*Проведён анализ некоторых методов снижения пожарных рисков во Вьетнаме с использованием теории активных систем. Акцентировано внимание на территориальных и динамических характеристиках пожарной опасности.*

*Ключевые слова: пожарные риски, снижение, нормативные значения.*

*V.A. Minaev, N.G. Topolsky, Chu Quoc Minh (Russia, Vietnam)*  
**REDUCTION OF FIRE RISKS  
WITH USE OF THE ACTIVE SYSTEMS THEORY**

*Analysis of some methods of reduction of fire risks in Vietnam with the use of the theory of active systems. The attention is focused on territorial and dynamic characteristics of fire danger.*

*Key words: fire risks, reduction, regulatory values.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 июля 2014 г.

### **Введение**

В последние годы во Вьетнаме наблюдается высокий экономический рост (ежегодно около 5-7 %). Одновременно в связи с увеличением численности населения и потребления энергии, скорости урбанизации и роста количества промышленных площадок, зон экспортной переработки, торговых центров наблюдается рост числа пожаров и сопутствующих им взрывов газо-, паро- и пылевоздушных смесей.

В период 2001-2013 гг. во Вьетнаме произошло более 24 *тыс.* пожаров, погибли около тысячи и серьёзно травмированы более двух *тыс.* человек; материальные потери от пожаров составили более 300 *млн долл.* Если же считать косвенные потери, то их сумма превышает прямой ущерб в 4-5 раз.

В сложившихся условиях основной задачей **Вьетнамского управления пожарной охраны и аварийно-спасательных служб (ВУПО и АСС)** является сокращение количества пожаров и ущерба от них за счёт новых организационно-технических решений, применения новейших технологий предотвращения и тушения пожаров, предотвращения взрывов.

Цель авторов настоящей статьи – исследование методов снижения пожарных рисков во Вьетнаме с использованием **теории активных систем (ТАС)**, обеспечивающих повышение уровня пожарной безопасности объектов при ограничениях на ресурсное обеспечение (финансовое, материальное, техническое) служб и подразделений ВУПО и АСС. В исследовании:

- проведён анализ пожарной обстановки и ресурсных возможностей противопожарной службы Вьетнама, поставлена и формализована задача снижения пожарных рисков;

- разработана математическая модель системы снижения пожарных рисков с использованием ТАС;
- в рамках ТАС исследованы различные механизмы управления ресурсами противопожарной службы;
- решены задачи оптимального управления пожарными ресурсами противопожарной службы при различных механизмах их распределения;
- обоснован новый метод управления страховой деятельностью во Вьетнаме в области пожарной безопасности с использованием ТАС;
- на основе полученных результатов подготовлены практические рекомендации для противопожарной службы Вьетнама по снижению пожарных рисков.

В настоящей статье приведены лишь некоторые результаты, связанные с особенностями снижения пожарных рисков во Вьетнаме.

### **Виды пожарных рисков**

К основным пожарным рискам относят следующие [1]:

- риск  $R_1$  для человека – вероятность столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени;
- риск  $R_2$  для человека – вероятность погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой);
- риск  $R_3$  для человека – вероятность погибнуть от пожара за единицу времени.

Эти риски связаны соотношением:

$$R_3 = R_1 \cdot R_2. \quad (1)$$

### **Методические и статистические аспекты снижения пожарных рисков**

К основным этапам снижения пожарных рисков следует отнести: анализ риска, выбор методов снижения риска, принятие решения, непосредственное воздействие на риск, контроль и корректировка результатов воздействия на риск.

Всем известно, что для защиты объектов от пожаров в любом государстве создаётся *система пожарной безопасности*, обеспечивающая выполнение современных норм и правил. Объекты защиты участвуют в содержании пожарной охраны, выплачивая установленные налоги, а также страховые сборы. С другой стороны, целью функционирования объектов, часто вступающей в противоречие с целями функционирования системы пожарной безопасности, является максимизация в том или ином виде получаемой ими прибыли.

В общем виде взаимосвязь основных этапов процесса снижения пожарных рисков можно представить в следующем виде [4] (рис. 1).



**Рис. 1.** Взаимосвязь этапов процесса снижения пожарных рисков

В общем виде риск как функцию социальных, техногенных и природных факторов можно представить в следующем виде:

$$R = (S, T, N), \quad (2)$$

где  $S$  – социальные;

$T$  – техногенные;

$N$  – природные факторы.

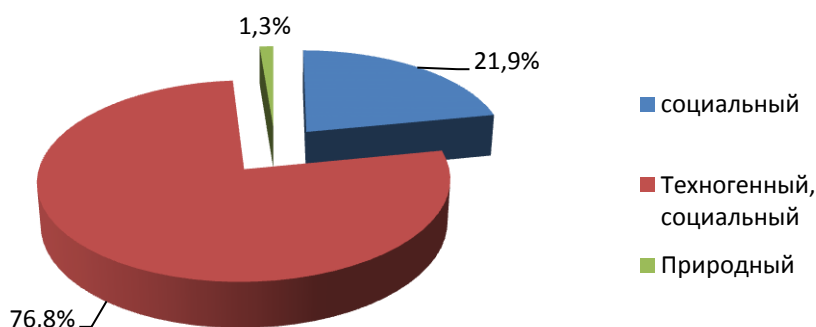
Здесь необходимо сделать следующие пояснения. Никакие специальные системы снижения пожарных рисков (а тем более – управления пожарными рисками) реально не существуют. Поскольку *снижение пожарных рисков* – это необходимая составляющая *повышения пожарной безопасности*, то вполне естественно, что средствами (инструментами) снижения пожарных рисков до нормативно приемлемых являются *системы пожарной безопасности (СПБ)* – общегосударственная и объектовые – и *управление именно этими системами* обеспечивает снижение пожарных рисков.

В табл. 1 приведено распределение пожаров во Вьетнаме по причинам их возникновения.

**Распределение пожаров и их последствий во Вьетнаме  
по причинам их возникновения**

Причина возникновения пожара	Доля, %	Фактор
Неосторожное обращение с огнём	15,2	S
Неправильная эксплуатация бытовых газовых и нефтяных устройств	0,9	S
Неправильная эксплуатация электрооборудования	0,9	S
Нарушение правил пожарной безопасности	0,7	S
Неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства	0,5	T, S
Нарушение правил установки и эксплуатации электрооборудования	36,5	T, S
Аварийность устройства	4,3	T, S
Удар молнии	0,2	N
Самовозгорание веществ и материалов	1,1	N
Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств	0,6	T, S
Неустановленная причина	33,0	T, S
Поджог с целью получения страховки	0	S
Поджог вследствие конфликтной ситуации	4	S
Поджог вследствие опьянения, психического заболевания	0,2	S
Прочие причины	1,9	T, S

На рис. 2 представлена диаграмма распределения пожаров во Вьетнаме по причинам их возникновения.



**Рис. 2.** Распределение пожаров во Вьетнаме по причинам их возникновения

Как следует из табл. 1, наибольшее количество пожаров приходится на причины, связанные с нарушениями правил монтажа и эксплуатации электрооборудования разных типов (36,5 %). Соответствующие риски обусловлены техногенными факторами.

Следует отметить, что хотя эти пожары возникли в технических системах и устройствах, но создавали, монтировали и эксплуатировали их люди. Поэтому правильнее причины таких пожаров относить к социо-техногенным.

На втором месте по распространённости устойчиво находятся пожары, возникшие по причине неосторожного обращения с огнём (15,2 %).

Рисками возникновения и развития "электропожаров", очевидно, можно управлять. Например, за счёт внедрения комплекса методов и устройств, включая специальные системы защиты от коротких замыканий (именно от них происходит значительная часть всех "электропожаров") можно существенно снизить пожарные риски для всей этой группы пожаров [1].

Значительно сложнее обстоят дела со снижением пожарных рисков, обусловленных социально-техногенными факторами. Однако нужно отметить, что риски этой группы могут быть значительно снижены за счёт научно-технических достижений.

Отдельно стоит упомянуть о пожарах, связанных с умышленными поджогами. Во Вьетнаме они составляют 4 % от всех пожаров, в России – 8-9 % (включая пожары, где поджог подозревается, но не был доказан), а в Великобритании, Новой Зеландии, США подобные пожары составляют 25-30 % от их общего числа [1].

Что же касается огромного числа пожаров, вызванных неосторожным обращением с огнём, то они происходят не только по причине небрежного, легкомысленного, безграмотного отношения людей к источникам воспламенения, горючим веществам и материалам, но и связаны с курением, алкоголизмом, наркотиками и прочими подобными негативными факторами.

Снижать соответствующие пожарные риски можно путём организации целенаправленной деятельности общественности, педагогов, психологов, физиологов, социологов, средств массовой информации и др., призванных сформировать у людей новую культуру безопасной жизни на планете (включая вопросы пожарной безопасности).

### **Основные территориально-динамические особенности пожарных рисков во Вьетнаме**

*Динамика процессов.* Учитывая, что пожарные риски во многом определяются демографическими характеристиками населения, приведем их основные показатели, которые необходимо учитывать при разработке моделей снижения рисков.

Так, в последние 25 лет численность населения СРВ ежегодно увеличивалась. Однако темпы естественного прироста населения постепенно снижались.

Динамика пожаров и ущерб от них во Вьетнаме показаны на рис. 3, 4. Очевидно, что материальный ущерб от пожаров возрастает, число самих пожаров стремится к стабильному уровню. Отметим, что при этом число их жертв характеризуется некоторыми колебаниями.

Показательна динамика относительных показателей – основных пожарных рисков (рис. 5-7): риск  $R_1$  возрос с 0,011 до 0,027 пожара на 1000 чел. Риск  $R_2$  снижался за период 2002-2006 гг., а в период 2007-2011 гг. стабилизировался на уровне 2-3, в 2012 г. возрос до 4,56 жертв на 100 пожаров. Риск  $R_3$  имеет тенденцию к снижению и определённой стабилизации.

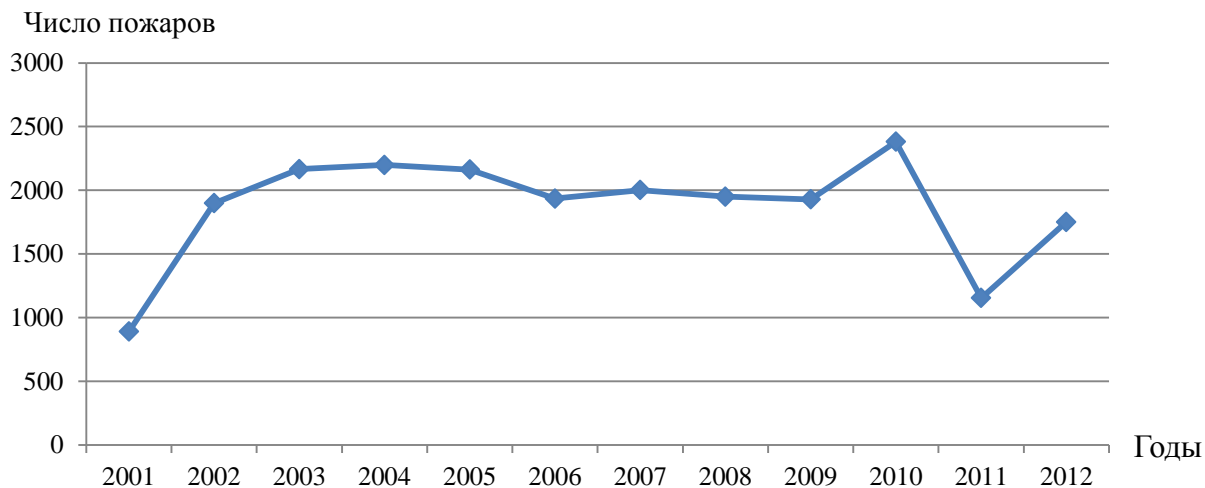


Рис. 3. Динамика числа пожаров во Вьетнаме

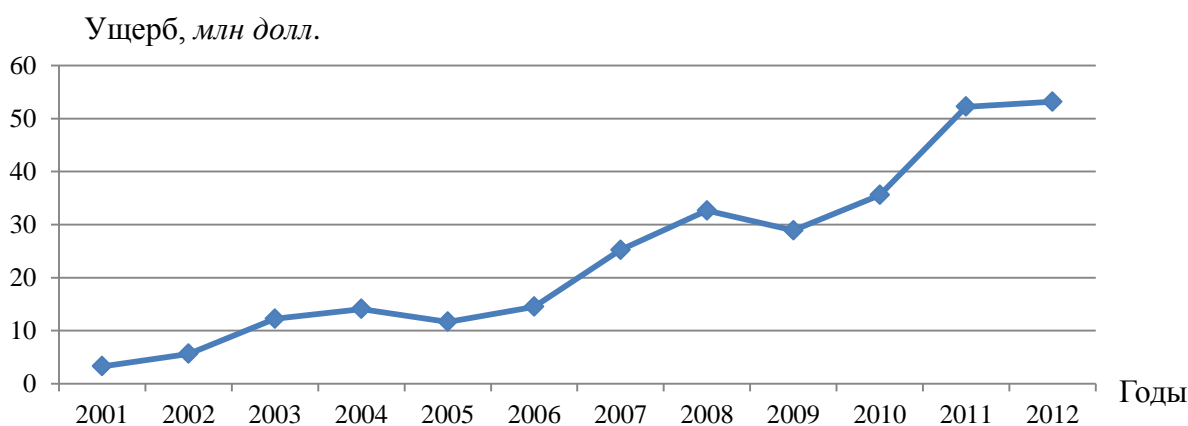


Рис. 4. Динамика ущерба от пожаров во Вьетнаме

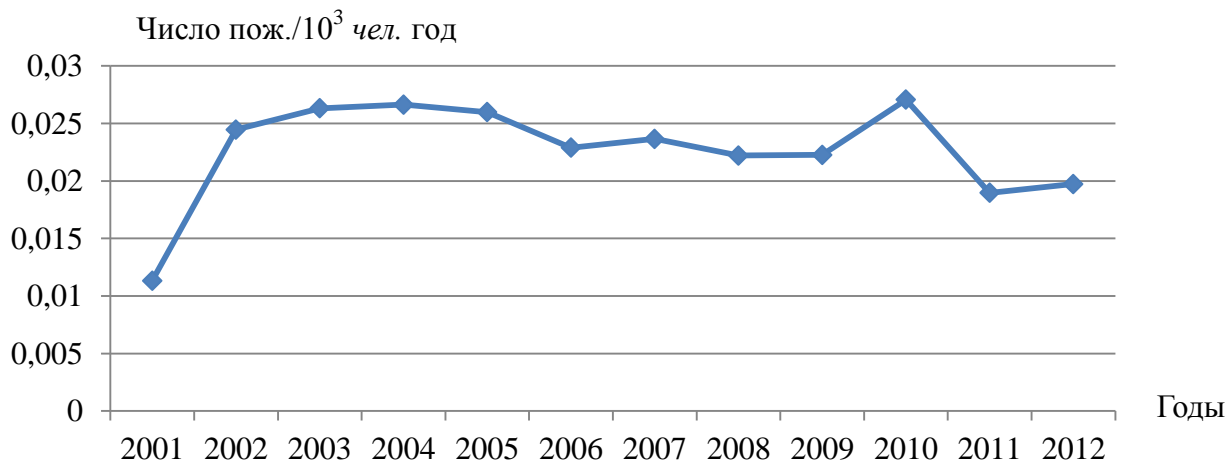


Рис. 5. Динамика риска  $R_1$  во Вьетнаме

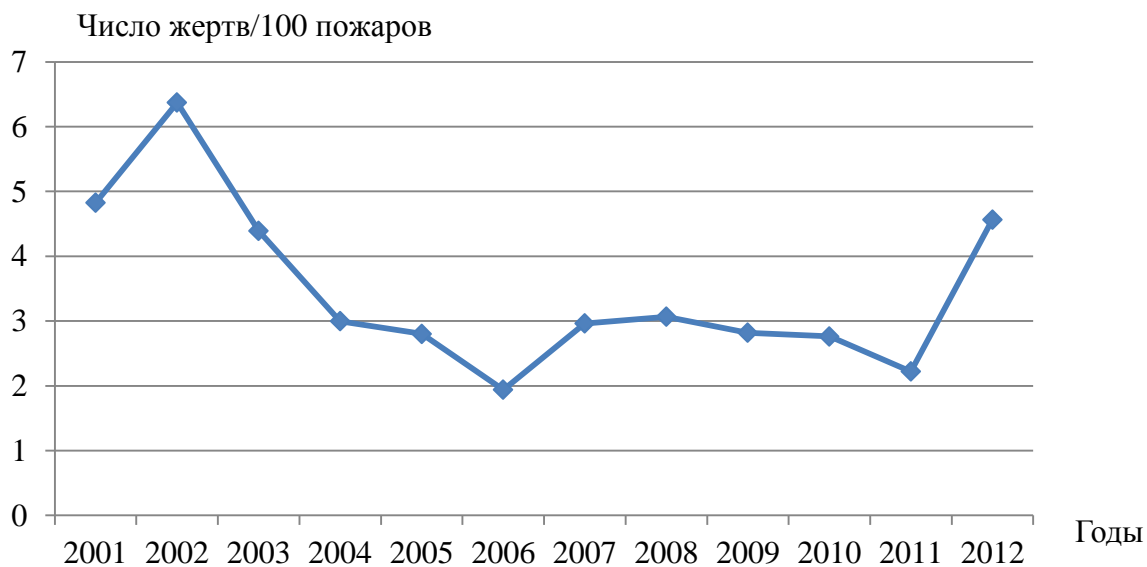


Рис. 6. Динамика риска  $R_2$  во Вьетнаме

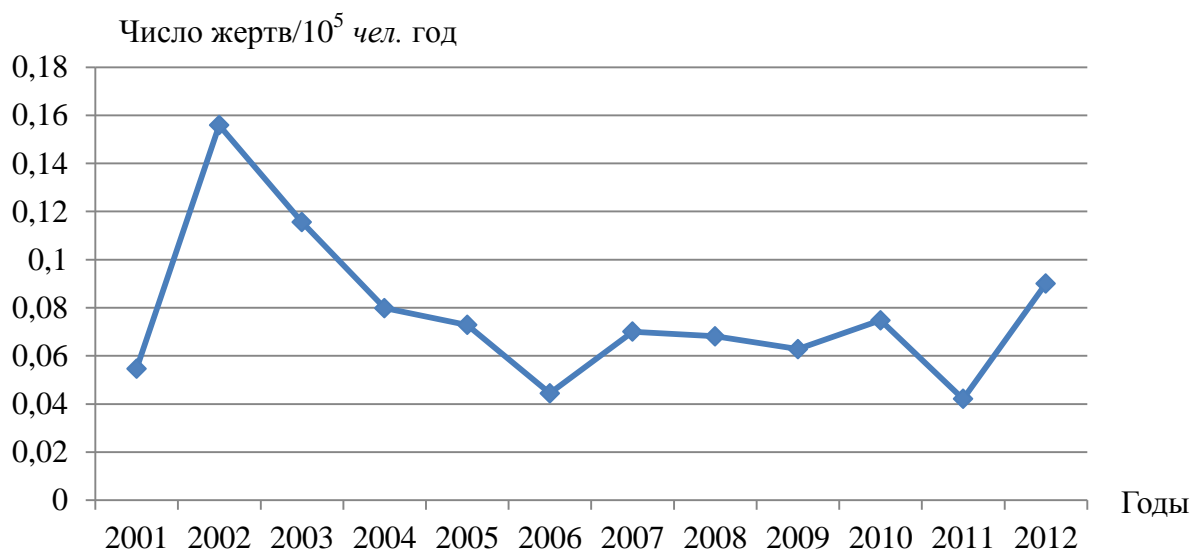


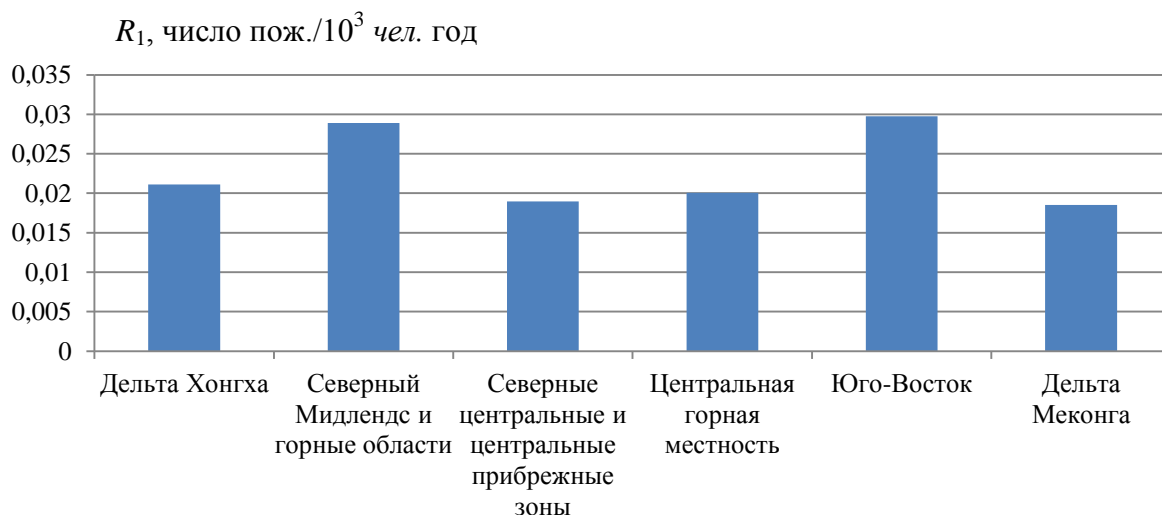
Рис. 7. Динамика риска  $R_3$  во Вьетнаме

***Территориальный аспект – оценка пожарных рисков в округах Социалистической Республики Вьетнам (СРВ)***

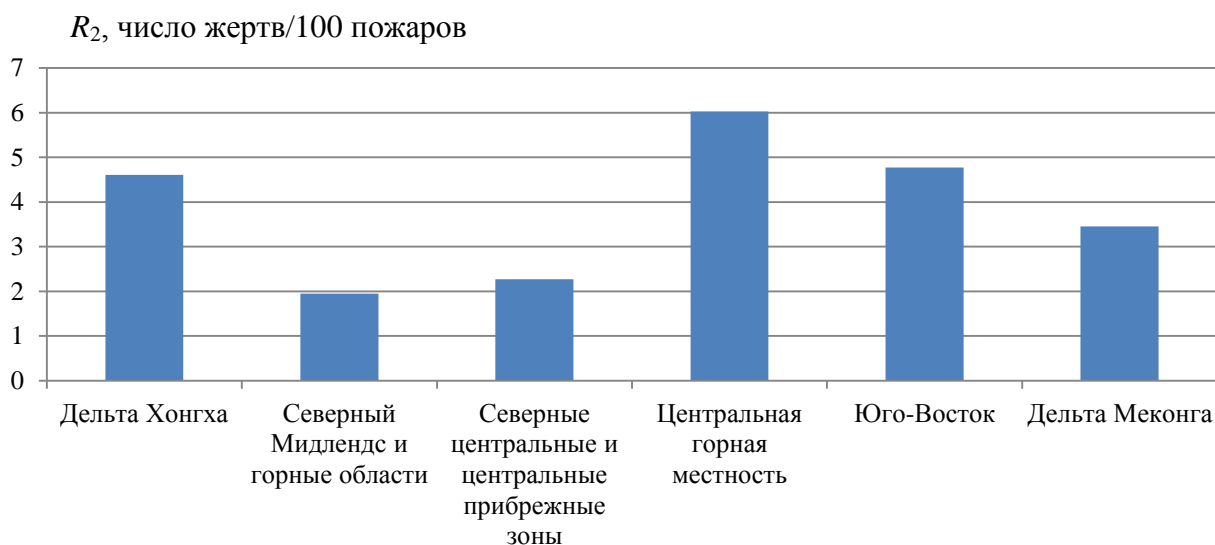
Территория СРВ делится на 6 социально-экономических округов:

- Дельта Хонгха (Красной реки) (9 провинций);
- Северный Мидлендс и горные области (14 провинций);
- Северные центральные и центральные прибрежные зоны (13 провинций);
- Центральная горная местность (5 провинций);
- Юго-Восток (5 провинций и город Хошиминь);
- Дельта Меконга (12 провинций и город КанТхо).

Используя статистические данные о численности населения, числе пожаров, а также погибших в них в округах СРВ в период 2001-2012 гг., произведём расчёты основных пожарных рисков  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  в округах СРВ. Результаты исследования территориальных различий пожарных рисков представлены на рис. 8-10.

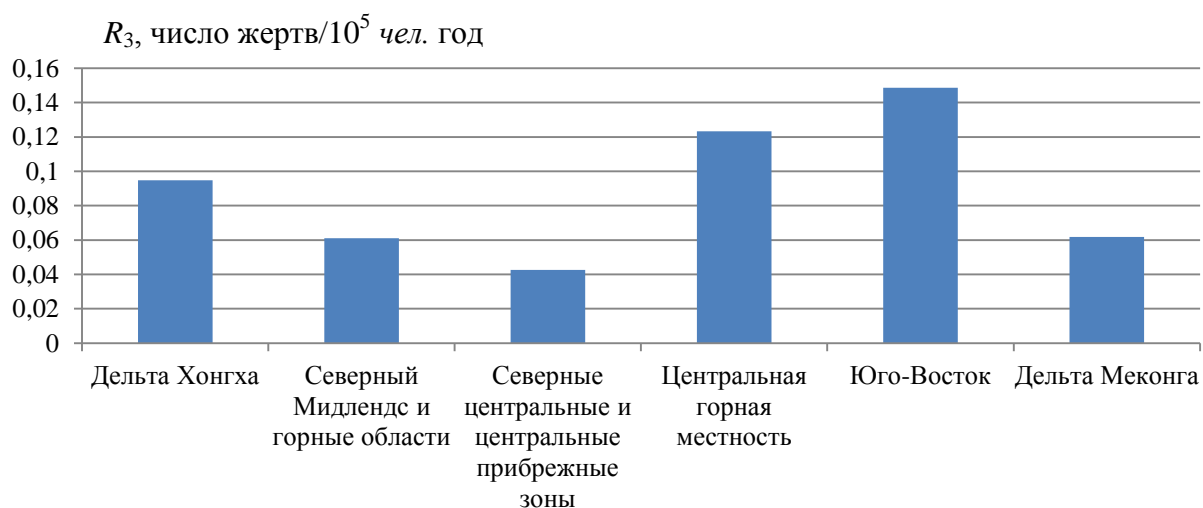


**Рис. 8.** Средний пожарный риск  $R_1$  по округам СРВ



**Рис. 9.** Средний пожарный риск  $R_2$  по округам СРВ





**Рис. 10.** Средний пожарный риск  $R_3$  по округам СРВ

Из рисунков видно, что средние риски  $R_1$  в округах СРВ имеют незначительные различия (рис. 8). В то же время риск  $R_2$  (рис. 9) имеет большую дисперсию по округам, по сравнению с  $R_1$ . Так, если самое большое значение среднего риска  $R_1$  в округе Дельта реки Меконга равно 0,0185, то  $R_2$  в нем составляет 3,4513, в то же время самое большое значение этого риска в округе Северного Мидлендса и горных областей – 1,948. Самое большое значение среднего риска  $R_1$  в округе Юго-Восток – 0,0298, а самое большое значение среднего риска  $R_2$  в округе Центральной горной местности – 6,028.

Значения риска  $R_3$  (рис. 10) незначительны в округах СРВ (0,0611-0,1233), в некоторые периоды времени приближались к нулю (например, в 2011 году в округе Северного Мидлендса и горных областях).

Рассмотрим пожарную обстановку в городах и сельской местности Вьетнама, используя значения пожарных рисков.

Из имеющихся данных следует, что риск  $R_1$  в городах в 2012 г. был в 2,4 раза выше, чем в сельской местности. Такое же соотношение имелось для рисков  $R_2$  в 2 раза, а значение риска  $R_3$  в городах было в 4,8 раз больше, чем в сельской местности.

Таким образом, округа СРВ характеризуются существенно различными экономико-социальными условиями, климатическими и культурно-историческими характеристиками и особенностями, как в территориальном, так и в динамическом аспектах. Эта разница сказывается на пожарной обстановке как в городах, так и в сельской местности. И эти особенности необходимо учесть в моделях снижения пожарных рисков с использованием теории активных систем.

## Механизмы снижения пожарных рисков с использованием ТАС

Существует большое число механизмов (в основном – экономического характера), направленных на **снижение вероятности возникновения пожаров**. Чаще всего при разработке таких механизмов управления рассматривается двухуровневая структура: верхний уровень – орган управления территориальной системой безопасности (Центр); нижний – объекты, деятельность которых несет в себе потенциальную угрозу возникновения пожаров. Такого рода структура рассматривается в теории активных систем [5].

Рассмотрим округ Вьетнама, в провинциях которого функционируют  $n$  хозяйственных объектов (предприятий, учреждений и т.п.), деятельность которых может привести к возникновению пожаров, и, как следствие, уменьшить уровень пожарной безопасности округа.

Ответственность за пожарную безопасность в провинциях возложена на Центр, которым во Вьетнаме являются ВУПО и АСС [6]. Центр располагает полномочиями по применению различных организационно-экономических мер, направленных на **снижение риска** [7]. Пусть эффективность функционирования  $i$ -го предприятия определяется получаемой им прибылью, записываемой в виде [8]:

$$f_i = c_i u_i - z_i(u_i), i \in N, \quad (3)$$

где  $u_i$  – объём продукции (услуг), выпускаемой (оказываемых)  $i$ -м предприятием;

$c_i$  – цена продукции (услуг), выпускаемой (оказываемых)  $i$ -м предприятием, учреждением;

$z_i(u_i)$  – затраты предприятия на выпуск продукции (оказание услуг) в объёме  $u_i$ .

Нужно учесть, что каждое предприятие, учреждение заинтересовано в увеличении остающейся в его распоряжении части прибыли, из которой оно осуществляет обязательные выплаты, включая штрафы.

Во Вьетнаме размеры обязательных выплат и критерии, от которых зависят выплаты, определяются действующим законодательством и соответствующими нормативными правовыми актами.

Вероятность возникновения пожара на  $i$ -м предприятии определим как  $x_i$ , вероятность его функционирования без пожаров –  $y_i$ . По определению,  $x_i + y_i = 1$ .

Очевидно, что механизмы обеспечения пожарной безопасности предприятий должны быть настроены в соответствии с реальным уровнем риска:  $\pi_i = \pi_i(x_i)$  или  $\pi_i = \pi_i(y_i)$ . С учётом обязательных выплат и штрафов, прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, учреждения, записывается как:

$$f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - \pi_i(x_i), i \in N. \quad (4)$$

Допустим, что  $\pi_i$  – размер штрафов за превышение допустимого уровня пожарного риска  $x_i$  определяется выражением:

$$\pi_i(x_i, \chi_i) = \begin{cases} h_i(x_i), & \text{если } x_i > \chi_i \\ 0, & \text{если } x_i \leq \chi_i \end{cases}, i \in N. \quad (5)$$

Считая [9], что уровень пожарного риска, вызываемый деятельностью  $i$ -го предприятия, зависит от объёма выпуска  $u_i$  и объёма средств  $v_i$ , направляемых на совершенствование противопожарной технологии, предупреждение возникновения пожарных ситуаций, укрепление производственной и технологической дисциплины в области пожарной безопасности, примем:

$$x_i(0, v_i) = 0, \quad \frac{\partial x_i(u_i, v_i)}{\partial u_i} > 0, \quad \frac{\partial x_i(u_i, v_i)}{\partial v_i} < 0, \quad \frac{\partial^2 x_i(u_i, v_i)}{\partial v_i^2} > 0, \quad i \in N. \quad (6)$$

Таким образом, выражение (4) переписывается в виде

$$f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - \pi_i(x_i) - v_i, \quad i \in N. \quad (7)$$

Так как в округе Вьетнама находятся различные предприятия и в них могут быть различные потери от пожаров, важно учитывать ущерб от последних.

Обозначим через  $U_i$  возможный полный ущерб при возникновении пожара на  $i$ -м предприятии, учреждении. С учётом вероятностного характера пожара на  $i$ -м предприятии (учреждении) ожидаемый ущерб определяется как

$$M_i = U_i x_i = U_i (1 - y_i), \quad i \in N. \quad (8)$$

Отсюда возможный полный ущерб  $M$  в округе, связанный с деятельностью всех его  $n$  предприятий (учреждений), при условии, что вероятности возникновения пожаров на них независимы друг от друга, записывается в виде:

$$M = \sum_{i=1}^n M_i. \quad (9)$$

Обозначим через  $G$  допустимый ущерб от пожаров в округе. Тогда успешное функционирование системы пожарной безопасности должно характеризоваться тем, что сумма ожидаемых ущербов предприятий от пожаров не должна превышать  $G$ :

$$G \geq \sum_{i=1}^n U_i (1 - y_i). \quad (10)$$

Применяя штрафные санкции для предприятий (учреждений) округа СРВ, можно установить предельно допустимый уровень пожарного риска  $\chi_i = \hat{x}$ . В этом случае прибыль предприятия записывается в виде:

$$f_i = c_i u_i - z_i(u_i) - \begin{cases} h_i(x_i), & \text{если } x_i > \hat{x} \\ 0, & \text{если } x_i \leq \hat{x} \end{cases}, \quad i \in N. \quad (11)$$

В работе [9] приведены наиболее распространенные виды функций штрафа, применим их к пожарной безопасности предприятий округа СРВ:

- одноступенчатый неизменяемый штраф за превышение допустимого уровня пожарного риска

$$h(x) = H; \quad (12)$$

- изменяемый штраф за превышение допустимого уровня пожарного риска пропорционально его росту

$$h(x) = dx; \quad (13)$$

- изменяемая ступенчатая функция штрафа

$$h(x) = \begin{cases} H_1, \text{ если } x \in [x_1; x_2); \\ H_2, \text{ если } x \in [x_2; x_3); \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ H_k, \text{ если } x \geq x_k. \end{cases} \quad (14)$$

Применительно к специфике обеспечения пожарной безопасности в округах, каждая из рассматриваемых функций должна быть количественно адаптирована к территориально-динамическим условиям жизнедеятельности в них.

В исследованиях авторов настоящей статьи проанализированы все виды штрафов (12)-(14), включая механизм сильных штрафов, означающий – предпрятия, превышающие допустимый уровень пожарного риска, всегда оказываются в невыгодном положении. Решён ряд задач использования функции штрафа за нарушения требований пожарной безопасности применительно к деятельности страховых компаний [10].

Сделан вывод, что чем более высокие требования предъявляются к уровню пожарной безопасности производства при действии механизма сильных штрафов, тем менее активно осуществляется производственная деятельность, что и приводит к снижению уровня выпуска продукции или оказания услуг. Соответственно показано – чем мягче требования к уровню пожарной безопасности производства, тем выше рост выпуска продукции (оказания услуг). Поставлены и решены задачи определения индивидуальных уровней пожарного риска предприятий, а также на этой основе планируемый интегральный уровень пожарной безопасности провинций и округа СРВ.

Таким образом, предложенные модели ТАС позволяют исследовать как при изменении утверждённого уровня пожарного риска можно влиять на объём выпуска продукции (услуг) на предприятии и на объём средств, выделяемых предприятием (учреждением) на снижение уровня пожарного риска.

#### Литература

1. *Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Клепко Е.А.* Основы теории пожарных рисков и её приложения. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. 82 с.
2. *Федеральный закон* Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
3. *Пожарные* риски. Вып. 4. Управление пожарными рисками / Под ред. Брушлинского Н.Н., Шебеко Ю.Н. М.: ВНИИПО МЧС России, 2006. 148 с.
4. *Хохлов Н.В.* Управление риском: учеб. пос. для вузов. М.: Юнити-Дана, 2001. 239 с.
5. *Бурков В.Н., Новиков Д.А.* Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. 128 с.
6. *Постановление* № 77/2009 Премьер-министра СРВ от 15.9.2009 г. "О функциях и структуре МОБ Вьетнама".
7. *Решение* МОБ Вьетнама № 755, 756, 1453, 1454, 1798, 1832, 2007, 2279/ QD-BCA от 23.02.2010 г. "О функциях, задачах, полномочиях и организационной структуре УПО городов Хошимин, Ханой, Биньзунг, Хайфон, Дананг, Виньфук, Сантхо и Донгнай".
8. *Половинкина А.И., Грачев И.В., Мельник Е.В.* Стратегия управления уровнем пожарной безопасности // Сб. трудов науч.-практ. междунар. конф. "Современные сложные системы управления". Т. 2. Воронеж: ВГАСУ, 2005. С. 50-52.
9. *Polovinkina A.I.* Economic mechanisms of increasing the level of fire safety // Proceedings of the 15th International Conference on Systems Science. Vol. III. Wroclaw, Poland, 2004. С. 426-429.
10. *Минаев В.А., Тростянский С.Н., Чу Куок Минь.* Оценка вероятности возникновения пожаров при нарушениях требований пожарной безопасности // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. № 5 (51). 2013. <http://ipb.mos.ru/ttb>.