

*В.И. Кривцова, д.т.н., профессор, НУГЗУ,  
Ю.П. Ключка, д.т.н., ст. научн. сотр., НУГЗУ,  
А.И. Тарариев, адъюнкт, НУГЗУ*

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ АВАРИЙНО- СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ**

Получены стохастические модели по определению времени прибытия и локализации пожаров аварийно-спасательными подразделениями. Для двух- и трехкомнатной квартиры получены регрессионные модели времени достижения фронтом пожара ПВО объекта и соответствующие функции распределения. Графическим методом получено решение о возможности предотвращения развития чрезвычайной ситуации аварийно-спасательными подразделениями.

**Ключевые слова.** Вероятность, модель, время, локализация, распределение, аварийно-спасательные подразделения.

**Постановка проблемы.** Анализ чрезвычайных ситуаций показывает, что систематически происходят пожары, взрывы в жилом секторе с участием систем хранения газа «пропан-бутан». Впоследствии этого наблюдались ряд взрывов, с деформацией несущих стен жилого строения со значительными материальными убытками и жертвами среди мирного населения [1].

Однако, на сегодняшний день, отсутствуют данные о ряде ПВО характеристик данных систем, в том числе и о временных и вероятностных характеристиках их разрушения с учетом деятельности аварийно-спасательных подразделений.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работе [2] рассмотрены пожаровзрывоопасные (ПВО) характеристики этих систем. Показано, что повышение температуры в баллоне возможно как в результате воздействия тепловых потоков с продуктами сгорания, так и в результате достижения фронтом пожара непосредственно баллона.

В [3] показано, что одной из причин разгерметизации является повышение давления вследствие роста температуры, например при достижении фронтом пожара непосредственно баллона. В данной ситуации важным фактором по предупреждению взрыва газа является минимальное время прибытия аварийно-спасательных подразделений на место пожара и его скорейшая локализация.

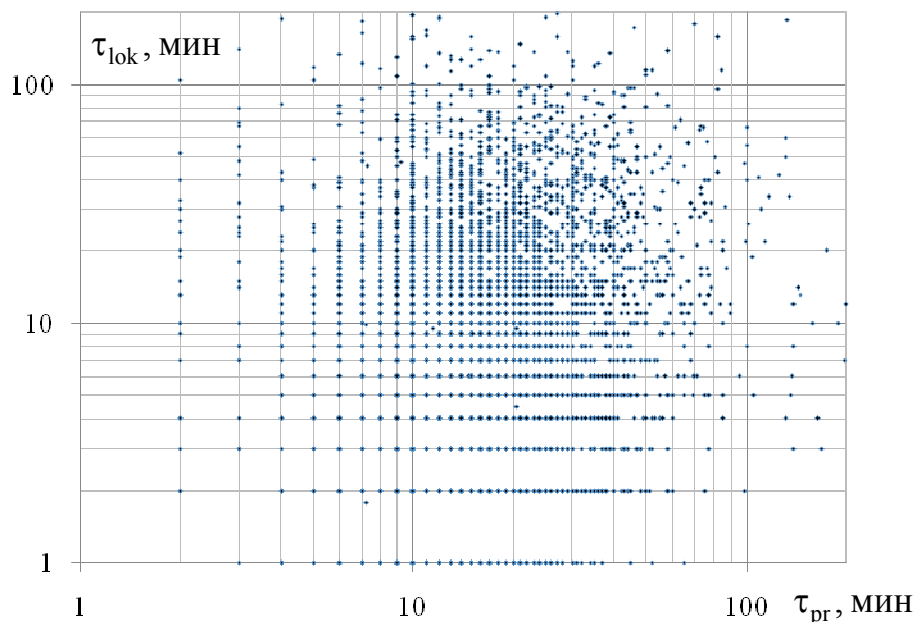
Время прибытия подразделений к месту пожара может изменяться от нескольких минут до нескольких десятков минут и зависит не только от удаленности объекта, но и от времени года, типа дорожного покрытия, погодных условий и т.д.

Анализ пожаров за 2014 показывает [1], что на протяжении года зарегистрировано 68879 пожаров. Экономические потери от пожаров составили 7 млрд. 731 млн. 81 тыс. грн. В жилом секторе количество пожаров увеличилось на 12,8% и составляет 51963, что составляет 75,4% от их общего количества. Прямые убытки увеличились в 2,4 раза и составляют 791 млн. 954 тыс. грн., что составляет 53,2% от общей суммы прямых убытков. Побочные убытки составили 2 млрд. 58 млн. 656 тыс. грн. или 32,9% от общей суммы косвенных убытков. Однако, при анализе статистики пожаров, формировании прогнозных оценок не рассматривается вопрос времени прибытия подразделений к месту пожара, время локализации и ликвидации.

В связи с этим определение возможности локализации и ликвидации пожара до возможного разрушения пожаровзрывоопасной системы хранения газа, является актуальной задачей.

**Постановка задачи и ее решение.** Целью работы является получение стохастических моделей по определению времени прибытия подразделений к месту пожара, времени локализации и развитию пожара в помещении, а также их сравнение.

На основе анализа более 6000 пожаров на рис. 1 представлены временные интервалы времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара ( $\tau_{pr}$ ) и интервалы времени от возникновения пожара до его локализации ( $\tau_{lok}$ ).



**Рис. 1. Значения  $\tau_{pr}$  и  $\tau_{lok}$  (2014 год)**

Анализ рисунка показывает, что большинство пожаров по времени прибытия и локализации находятся в пределах до 30 минут. Кроме того, следует отметить слабую корреляционную связь данных

параметров ( $\tau_{pr}$  и  $\tau_{lok}$ ).

Анализ значений интервалов времени от начала пожара до прибытия подразделений к месту пожара ( $\tau_{pr}$ ) показал, что случайная величина может быть описана распределением Рэлея [4]

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma^2} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2 \cdot \sigma^2}\right), & x \geq 0; \\ 0, & x < 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\sigma$  определяется исходя из выражения

$$\mu = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}}. \quad (2)$$

Значения математического ожидания и дисперсии для двух случайных величин представлены в табл. 1.

**Табл. 1. Параметры случайных величин**

Время прибытия ( $\tau_{pr}$ )		Время локализации ( $\tau_{lok}$ )	
$\mu_{pr}$	$\sigma_{pr}^2$	$\mu_{lok}$	$\sigma_{lok}^2$
18,4	137,3	34,21	602,6

Тогда выражение (1) для  $\tau_{pr}$  и  $\tau_{lok}$  с учетом (2) можно записать в виде

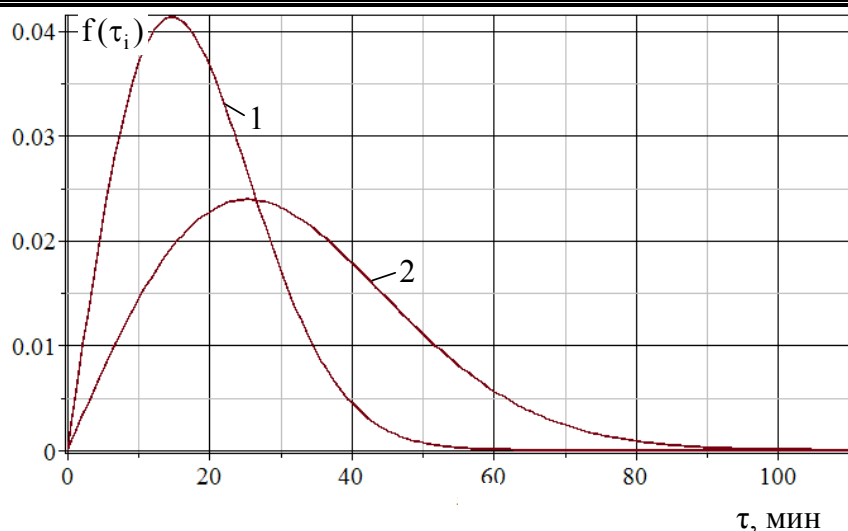
$$f(\tau_i) = \frac{\pi\tau}{2\mu_i^2} \cdot \exp\left(-\frac{\tau^2\pi}{\mu_i^2}\right), \quad \tau_i \in [0; +\infty). \quad (3)$$

На рис. 2 приведены плотности вероятности времени до прибытия подразделений к месту пожара и времени до локализации.

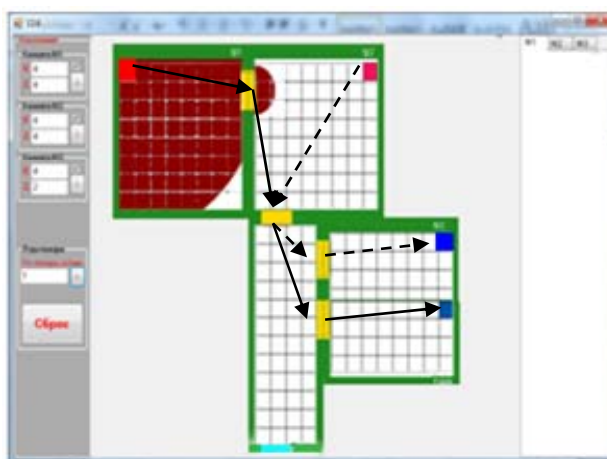
Для сравнения временных характеристик деятельности спасателей необходимо знать динамику развития пожара в помещении. Поэтому, с целью определения временных характеристик по достижению фронтом пожара ПВО объекта и построения соответствующей математической модели, рассмотрим распространение пожара в квартирах.

Расчеты времени достижения фронтом пожара некоторой точки помещения были произведены с помощью разработанного программного продукта (рис. 1).

Для построения регрессионных математических моделей была применена теория планирования эксперимента и проведен вычислительный эксперимент. Уровни варьирования факторов приведены в табл. 2.



**Рис. 2.** Плотности вероятности времени прибытия подразделений к месту пожара (1) и времени до локализации (2)



**Рис. 3.** Пример рабочего окна программы

**Табл. 2.** Уровни варьирования факторов [4, 5]

Факторы		Уровни варьирования				
		-1,414	-1	0	1	1,414
x <sub>1</sub>	скорость, м/с	0,28	0,5	0,65	0,8	1,01
x <sub>2</sub>	площадь, м <sup>2</sup>	50,34	56	60	64	69,66
x <sub>2</sub>	площадь, м <sup>2</sup>	46,204	52	66	80	85,796

Математические модели максимального времени достижения фронтом пожара некоторой точки при открытых дверях для двух- (4) и трехкомнатной квартиры (5) представлены на рис. 4.

$$\tau_{\max(II)} = 19,35 - 8,305x_1 + 0,274x_2 + 3,978x_1^2 - 0,257x_2^2, \quad (4)$$

$$\tau_{\max(\text{III})} = 20,006 - 8,22 x_1 + 0,173 x_2 + 3,91 x_1^2 - 0,945 x_2^2 \quad (5)$$

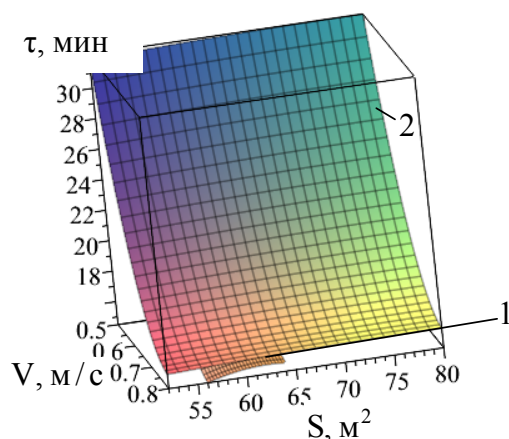


Рис. 4. Зависимость максимального времени развития пожара при открытых дверях: 1 – для двухкомнатной квартиры; 2 – трехкомнатной квартиры

Кроме того, в результате моделирования были получены распределения времени достижения фронтом пожара ПВО объекта (рис. 5).

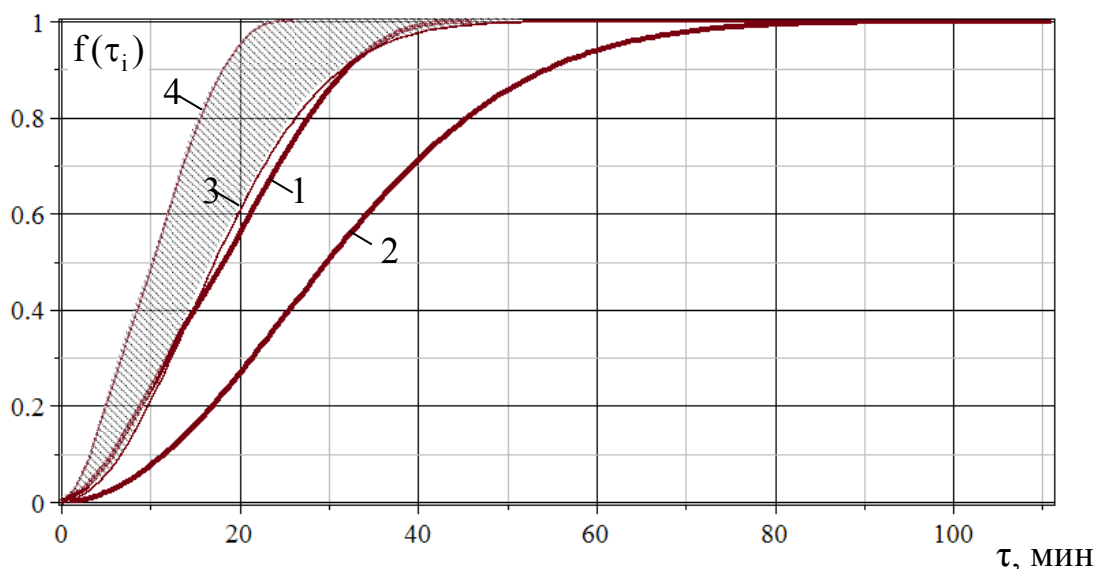


Рис. 5. Функция распределения: 1 – времени прибытия подразделений к месту пожара; 2 – времени до локализации; 3, 4 – времени достижения фронтом пожара ПВО объекта для max и min значений, соответственно

Анализ рис. 5 показывает, что вероятность прибытия аварийно-спасательных подразделений к месту пожара в момент времени  $\tau_i$  практически совпадает с вероятностью достижения фронтом пожара ПВО объекта в помещении при максимальном значении  $\tau_{\max}$  и в  $1,5 \div 2$  раза ниже, нежели при минимальном значении  $\tau_{\max}$ .

**Выводы.** В результате проведенной работы обработаны статистические данные по результативности работы АСП, получены сто-

хастические модели по определению времени прибытия и локализации пожаров. Для двух и трехкомнатной квартиры на основе вычислительного эксперимента получены регрессионные модели времени достижения фронтом пожара ПВО объекта и соответствующие функции распределения. Графическим методом получено решение о возможности предотвращения развития чрезвычайной ситуации аварийно-спасательными подразделениями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2014.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2014.html).

2. Ключка Ю.П. Анализ пожаровзрывоопасности систем хранения газа "пропан-бутан" / Ю.П. Ключка, А.И. Тарариев // Проблемы пожарной безопасности. – 2013. – Вып. 34. – С. 98-106.

3. Кривцова В.И. Определение времени до разрушения систем хранения углеводородных взрывоопасных газов под воздействием тепловых потоков / В.И. Кривцова, Ю.П. Ключка, А.И. Тарариев // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – Вып. 37. – С. 125-130.

4. Справочник по тушению пожаров / В.П. Иванников, П.П. Ключ, Л.К. Мазур. – 2-е изд., доп. и перераб. – К.: РИО МВД УССР, 1975. – 226 с.

5. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций / А.А.Свешников – М.: Наука, 1968. – 464 с.

V.I. Krivtsova, Yu.P. Kluchka, A.I. Tarariev

### **Оцінка можливості запобігання розвитку надзвичайної ситуації аварійно-рятувальними підрозділами**

Отримано стохастичні моделі з визначення часу прибуття та локалізації пожеж аварійно-рятувальними підрозділами. Для двох- і трікімнатної квартири одержано регресійні моделі часу досягнення фронтом пожежі ППО об'єкта і відповідні функції розподілу. Графічним методом отримано рішення відносно можливості запобігання розвитку надзвичайної ситуації аварійно-рятувальними підрозділами.

**Ключові слова:** Імовірність, модель, час, локалізація, розподіл, аварійно-рятувальні підрозділи.

V.I. Krivtsova, Yu.P. Kluchka, A.I. Tarariev

### **Assessment of the possibility of prevention of emergency rescue divisions**

Obtained stochastic model to determine the arrival time and location of fire rescue divisions. For two- and three-room apartments derived regression models time to reach the front of the fire air defense facility and the corresponding distribution function. Graphical method received a decision on the possibility of preventing the development of an emergency rescue units.

**Keywords:** The probability model, time, location, distribution, emergency rescue units.