

*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 (τ_{pr}) и интервалы времени от возникновения пожара до его локализации (τ_{lok}).

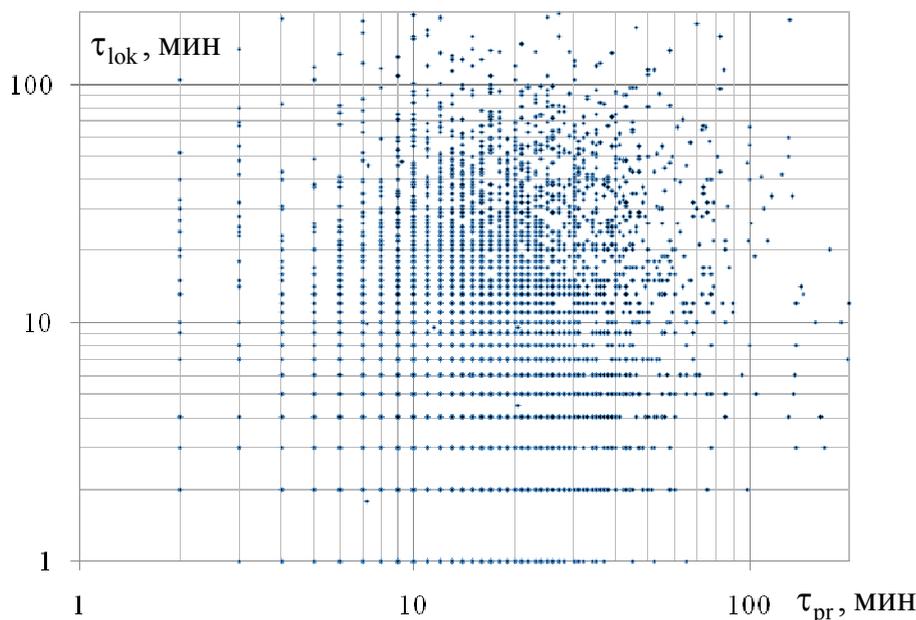


Рис. 1. Значения τ_{pr} и τ_{lok} (2014 год)

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 (τ_{pr} и τ_{lok}).

Анализ значений интервалов времени от начала пожара до прибытия подразделений к месту пожара (τ_{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 σ 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 (τ_{pr})		Время локализации (τ_{lok})	
μ_{pr}	σ_{pr}^2	μ_{lok}	σ_{lok}^2
18,4	137,3	34,21	602,6

Тогда выражение (1) для τ_{pr} и τ_{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.

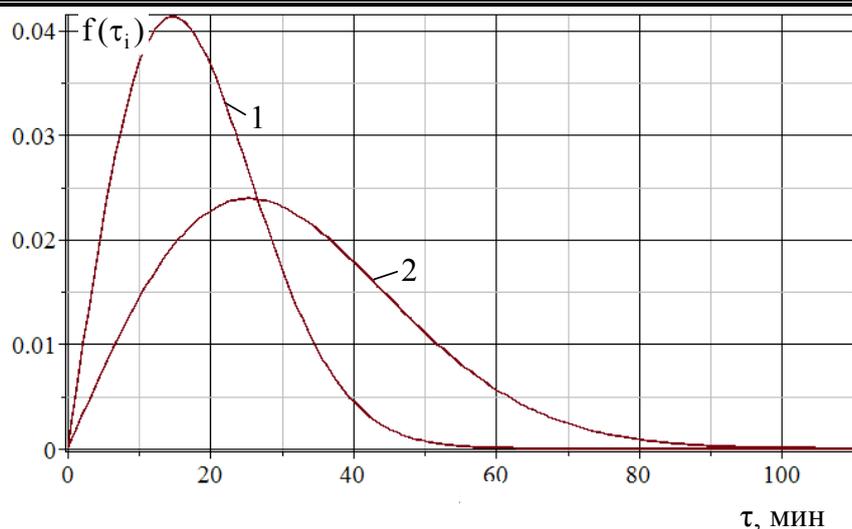


Рис. 2. Плотности вероятности времени прибытия подразделений к месту пожара (1) и времени до локализации (2)

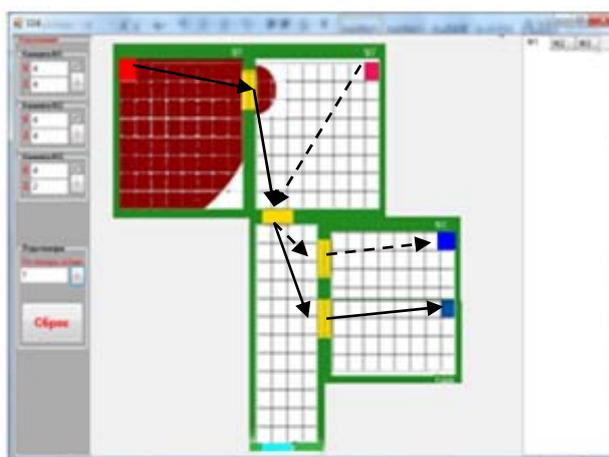


Рис. 3. Пример рабочего окна программы

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

Факторы		Уровни варьирования				
		-1,414	-1	0	1	1,414
x ₁	скорость, м/с	0,28	0,5	0,65	0,8	1,01
x ₂	площадь, м ²	50,34	56	60	64	69,66
x ₂	площадь, м ²	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.

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

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

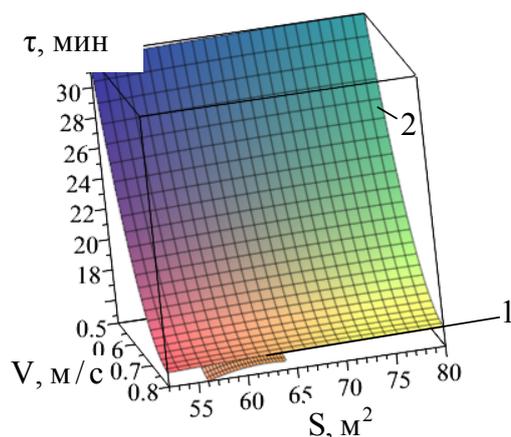


Рис. 4. Зависимость максимального времени развития пожара при открытых дверях: 1 – для двухкомнатной квартиры; 2 – трехкомнатной квартиры

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

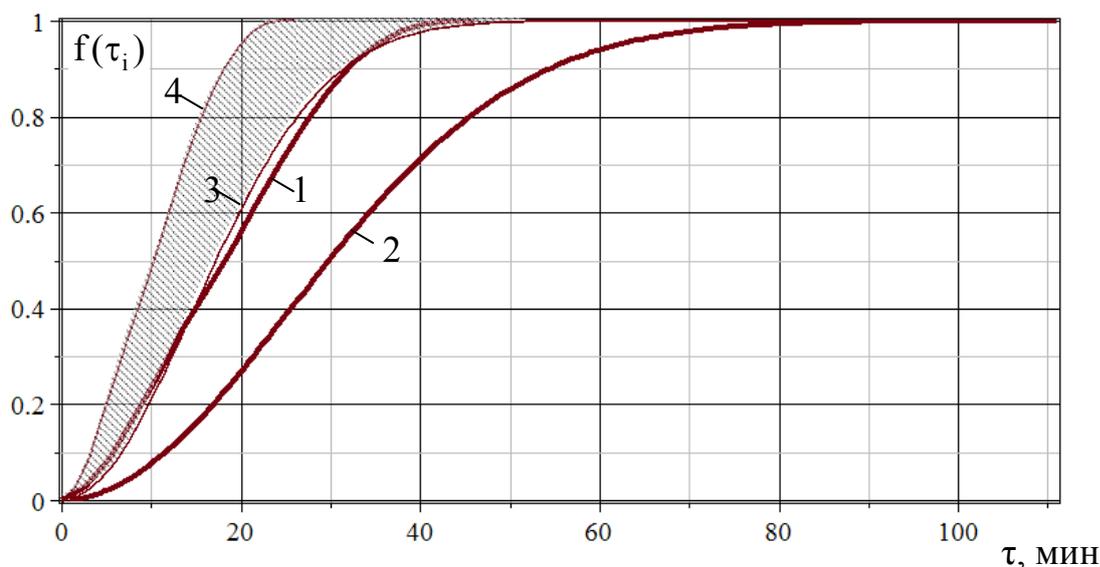


Рис. 5. Функция распределения: 1 – времени прибытия подразделений к месту пожара; 2 – времени до локализации; 3, 4 – времени достижения фронтом пожара ПВО объекта для max и min значений, соответственно

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

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.