

*Бугаєв А.Ю., преп., НУГЗУ*  
*Соловей В.В., д-р техн. наук, нач. отдела,*  
*ІПМаш НАН України*

## **ВЫБОР УСЛОВНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ОГНЕННОГО ШАРА**

Рассмотрена проблема выбора условной вероятности поражения человека тепловым излучением огненного шара с учетом существующих требований. Предложена модель, определяющая поражающие действия огненного шара с последующим выбором соответствующих значений пробит-функции.

**Ключевые слова:** поражение человека, условная вероятность поражения людей, пробит-функция, огненный шар, авария, чрезвычайная ситуация, модель, объект повышенной опасности, вычислительный эксперимент

**Постановка проблемы.** На современных химических и нефтехимических предприятиях хранятся и обращаются огромные количества энергонасыщенных веществ (мономерный винилхлорид, сжиженные газы, широкие фракции легких углеводородов и т.д.). Так на нефтехимических предприятиях, связанных с производством этилена, суммарный объем парков хранения СУГов достигает десятков тысяч тонн, при емкости отдельного резервуара 600 м<sup>3</sup>. В этих условиях аварии, связанные с возникновением пожаров, могут иметь наиболее катастрофические последствия для окружающей среды (ОС), обслуживающего персонала и рядом расположенных объектов.

Опасными факторами, характерными для аварий с пожарами на данных объектах, является тепловое воздействие и тепловое излучение при возникновении пожаров – вспышек, пожаров пролива горючих жидкостей и огненных шаров. Поэтому определение и выбор условной вероятности поражения является актуальной научной задачей

**Анализ последних исследований и публикаций.** Основным поражающим фактором огненного шара является

интенсивность теплового излучения огненного шара на человека [2,3].

$$q = E_f F_q \tau, \quad (1)$$

где  $q$  – интенсивность теплового излучения огненного шара, кВт/м<sup>2</sup>,  $E_f$  – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м<sup>2</sup>,  $F_q$  – угловой коэффициент облученности,  $\tau$  – коэффициент пропускания атмосферы.

Методика определения рисков и их приемлемых уровней для декларирования объектов повышенной опасности [8] пункт 19 трактует, что для определения риска на всех этапах его анализа допускается применение любых известных в научно-технической, справочной нормативной и методической литературе методов расчета и оценок опасностей при условии наличия обоснования их применения в соответствии с требованиями данной методики. Соответственно для определения вероятности поражения человека выбираются наиболее неблагоприятные данные для поражения человека.

Литературные источники дают неодинаковые расчетные формулы для определения условной вероятности поражения человека тепловым излучением огненного шара.

Согласно литературного источника [3]:

- условная вероятность ожога первой степени

$$P_r = -34,8 + 3,02 \ln(t_s q^{4/3}); \quad (2)$$

- условная вероятность ожога второй степени

$$P_r = -38,1 + 3,02 \ln(t_s q^{4/3}); \quad (3)$$

- условная вероятность ожога третьей степени

$$P_r = -34,8 + 3,02 \ln(t_s q^{4/3}). \quad (4)$$

Согласно литературного источника [5]:

- условная вероятность ожога первой степени

$$P_r = -39,8 + 3,02 \ln(t_s q^{4/3}); \quad (5)$$

- условная вероятность ожога второй степени

$$P_r = -43,1 + 3,02 \ln(t_s q^{4/3}); \quad (6)$$

- гибель людей без защитной одежды

$$P_r = -36,4 + 2,56 \ln(t_s q^{4/3}); \quad (7)$$

- гибель людей в защитной одежде

$$P_r = -37,2 + 2,56 \ln(t_s q^{4/3}). \quad (8)$$

Согласно литературного источника [6]:

- условная вероятность поражения человека

$$P_r = -14,9 + 2,56 \ln(t_s q^{1,33}). \quad (9)$$

Согласно литературного источника [7]:

- условная вероятность поражения человека

$$P_r = -14,9 + 2,56 \ln(t_s q^{1,33}), \quad (10)$$

где  $t_s$  – время существования огненного шара, с,  $q$  – интенсивность теплового излучения огненного шара.

**Постановка задачи и ее решение.** Многообразие существующих значений условной вероятности поражения человека поражающими факторами огненного шара требует их систематизации для более эффективного практического использования. Это и обусловило задачу работы - обоснование выбора условной вероятности поражения человека, на основе усовершенствования модели определения, поражающего фактора огненного шара на человека. Рассмотрим проблему оценки условной вероятности поражения человека интенсивностью теплового излучения огненного шара.

На практике при анализе вероятности поражения (гибели и/или причинения вреда здоровью) человека  $P$  в результа-

Выбор условной вероятности поражения человека в зависимости от поражающих факторов огненного шара

те воздействия поражающих факторов принято описывать нормальным законом распределения вероятности, аргументом которого пробит-функция Pr [4]

$$P_{nop} = f(P_r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{P_r-5} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad (11)$$

Верхней границей интеграла является пробит-функция, которая отображает связь между вероятностью поражения и дозой негативного влияния [3] и имеет вид

$$Pr = a + b \times \ln D. \quad (12)$$

где Pr – вероятностная единица (пробит-функция);  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты, которые характеризуют специфику и степень опасности вещества;  $D$  – величина поражающего эффекта.

Для оценки условной вероятности поражения человека была разработана программа «Огненный шар», с последующим прогоном ее через расчетно-компьютерную оболочку «Детектор опасности. Часть «Исследователь» [9].

Построены графические характеристики условной вероятности поражения человека, в зависимости от исходных данных (рис.1).

Результаты расчетов показывают, что при выбросе горючего вещества массой 254 т, при интенсивности теплового излучения огненного шара 12,91 кВт/м<sup>2</sup> и его воздействии в течении 39,94 сек. условная вероятность поражения человека составит:

- согласно расчетных формул 2,3,4 условная вероятность получения ожога первой степени -13%, получения ожога второй степени -16,7%, условная вероятность смертельного поражения -13,22%;
- согласно расчетных формул 5,6,7,8 условная вероятность получения ожога первой степени -18,34%, получения ожога второй степени -22%, условная вероятность гибели людей без защитной одежды -18,22%, условная вероятность гибели людей в защитной одежде -19,02%;
- согласно расчетной формулы 8, условная вероятность поражения человека тепловым излучением огненного шара составит 3,25%;

- согласно расчетной формулы 9, условная вероятность поражения человека тепловым излучением огненного шара составит 3,25%;

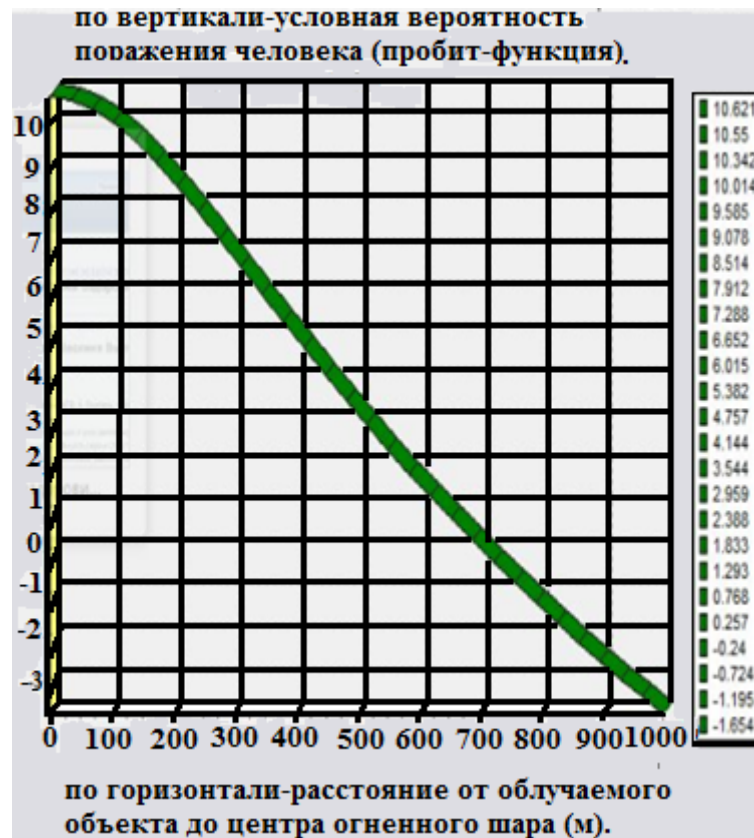


Рис. 1 – Зависимость условной вероятности поражения человека тепловым излучением от расстояния до облучаемого объекта

Результаты проведенного моделирования показывают, что для каждого конкретного случая необходимо проводить индивидуальный расчет по определению условной вероятности поражения человека с последующим выбором варианта с максимально возможной степенью поражения.

**Выводы.** На основе модели определения поражающих факторов огненного шара на человека, обоснован выбор пробит-функции, которая позволяет определить вероятность воздействия на человека поражающих факторов. При этом расчет условной вероятности поражения должен проводиться на основании индивидуальной оценки конкретной ситуации с учетом максимально возможной степени поражения.

---

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Изд. «Пожнаука», 2000.–482 с.
2. Маршалл В. Основные опасности химических производств. - М.: Мир, 1989. – 672 с.
3. Стоєцький В.Ф. та ін. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. Тернопіль: Видавництво Астон, 2005. – 408 с.
4. Беленький М.А. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. Л.: Медгиз, 1963.-152 с.
5. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. [Текст]. / П.Г. Белов – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 512с.
6. ГОСТ Р 123.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Текст]. – Введ. 2000-01-01. - М.: Госстандарт России 1998. – 77с.
7. НПБ 105.03 Нормы пожарной безопасности НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Текст].- Введ. 2003-08-01. – М.: МЧС РФ 2003. – 28с.
8. Приказ министерства труда и социальной политики Украины от 04.12.2002 № 637 «Методика определения рисков и их приемлемых уровней для декларирования безопасности объектов повышенной опасности »
9. Тесленко О.О., Михайлюк О.П., Олейник В.В. Досвід застосування імітаційного моделювання до ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки // Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб.наук.пр.УЦЗ України.Вип.7. – Харків: УЦЗУ,2008. – С.139-144.
10. Шматко А.В. Применение пробит-функции для прогнозирования возможного поражения людей при авариях на химически опасных объектах [Текст]./ А.В. Шматко, С.С. Говаленков//Проблеми надзвичайних ситуацій. Вип. 6. – Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 154-160.

Бугайов А.Ю., Соловей В.В.

**Вибір умовної ймовірності ураження людини залежно від вражаючих факторів вогненної кулі**

Розглянуто проблему вибору умовної ймовірності ураження людини тепловим випромінюванням вогненної кулі з урахуванням існуючих вимог. Запропоновано модель, що визначає вражаючі дії вогненної кулі з подальшим вибором відповідних значень пробит-функції.

**Ключові слова:** ураження людини, умовна ймовірність ураження людей, пробит-функція, вогненна куля, аварія, надзвичайна ситуація, модель, об'єкт підвищеної небезпеки, обчислювальний експеримент

Bugaev A.U., Solovey V.V.

**Conditional risk of choice person depending on the damaging factors fireball**

The problem of choice of the conditional probability of defeat human thermal radiation of the fireball with existing requirements. A model that defines the action affecting the fireball and then selecting the appropriate values probit function

**Key words:** human defeat, the conditional probability of hitting people, probit function, fireball, accident, emergency, model, high risk, computational experiment