

УДК 533.27:519.63:504.05

ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ  
ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ГАЗА

*Васильченко Елена Анатольевна, студентка группы 345*

*Скоб Юрий Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры 304*

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Одним из наиболее опасных видов промышленной аварии является горение образовавшейся газозооушной смеси с образованием высокотемпературных продуктов сгорания, которые являются источником теплового излучения в окружающее пространство. Экспозиция обслуживающего персонала промышленного объекта тепловому потоку определенной плотности формирует поражающий фактор – дозу теплового излучения. Превышение пороговых значений дозы приводит к последствиям – ожогам различной степени тяжести и летальному исходу. Поэтому определение риска предприятия для такого рода аварии является важной и актуальной инженерно-практической задачей.

Оценка последствий техногенной аварии включает в себя определение вероятности поражения обслуживающего персонала, который может быть подвергнут воздействию тепловой радиации, на основе математического моделирования рассеяния высокотемпературных продуктов сгорания примеси в атмосфере. Полученные в результате моделирования пространственно-временные поля опасного параметра – температуры позволяют определить величину основного поражающего фактора – плотности теплового потока от источника к приемнику, тепловую дозу и условную вероятность поражения обслуживающего персонала. Математическая модель реализована в виде подсистемы исследовательского программного комплекса «Thermal Spill Safety».

Максимальную плотность потока поглощенного излучения можно определить так:

$$q_{\max} = C_0 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \frac{\Delta F_1}{\pi r^2}, \quad (1)$$

где  $C_0$  - коэффициент излучения пламени,  $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ ;

$T_1$  - средняя температура излучающей поверхности, К;

$T_2$  - средняя температура поверхности приемника излучения, К;

$r$  - расстояние от поверхности излучения до приемника, м;

$\Delta F_1$  - площадь поверхности излучения,  $\text{м}^2$ .

Условная вероятность  $P$  поражения человека, находящегося под воздействием тепловой радиации зависит от пробит-функции  $P_r$  –

верхнего предела определенного интеграла нормального закона распределения с математическим ожиданием 5 и дисперсией 1

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\text{Pr}} e^{-\frac{1}{2}(t-5)^2} dt. \quad (2)$$

Пробит-функция для летального исхода персонала вследствие теплового воздействия в общем случае определяется по формуле

$$P_T = -14 + 2,56 \ln(q^{1,33} \tau). \quad (3)$$

где  $a$  и  $b$  – табличные полуэмпирические коэффициенты.

Апробация разработанной информационной технологии и анализ эффективности алгоритма проводились на примере струйного истечения высокотемпературных (3450 К) продуктов сгорания водорода из проема с формой окружности радиусом 0,5 м с координатами центра  $X=7,5$  м,  $Z=2,5$  м в расчетной области с габаритами  $15 \times 9 \times 15$  м. Скорость воздуха – 0 м/с.

Поля условной вероятности летального исхода для человека, который находится под воздействием тепловой радиации на различном расстоянии от источника представлены на рис. 1.

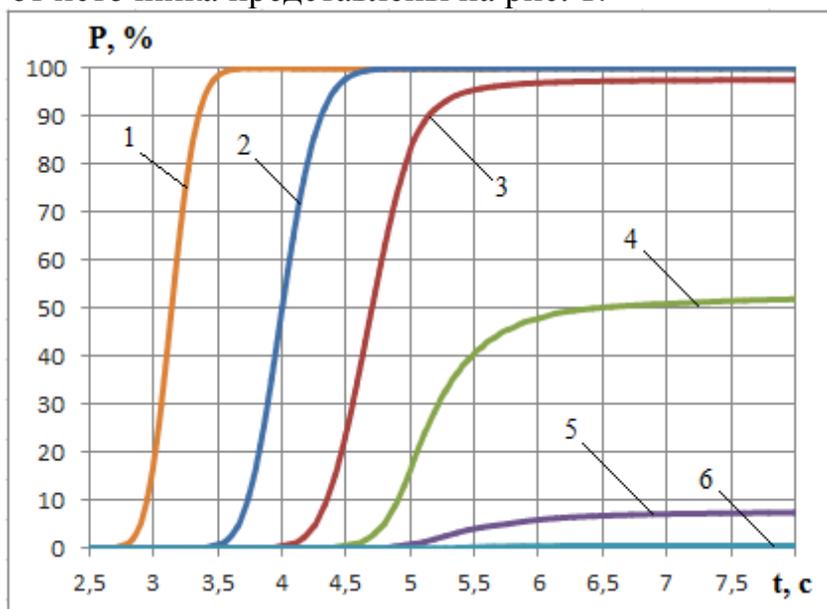


Рис. 1. Изменение по времени вероятности поражения тепловым потоком в контрольных точках: 1 – 4 м; 2 – 5 м; 3 – 6 м; 4 – 7 м; 5 – 8 м; 6 – 9 м

Выводы. С использованием математической модели движения высокотемпературных продуктов горения газозооной смеси получены пространственно-временные распределения температуры смеси, тепловой дозы, пробит-функции и по ним определены поля условной вероятности поражения персонала на основе пробит-анализа, необходимые для принятия экспертом решения о состоянии безопасности техногенного объекта с точки зрения возможной аварии рассмотренного типа.