

**УДК 536.24**

## **ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТЕХНОГЕННОЙ АВАРИИ**

**Ю. А. Скоб**, к.т.н., доцент

*Национальный аэрокосмический университет «ХАИ»  
yuriy.skob@gmail.com*

**Д. В. Евтушенко**, студент

*Национальный аэрокосмический университет «ХАИ»  
yevtushenkodmytrov@gmail.com*

**Ю. В. Бондаренко**, студент

*Национальный аэрокосмический университет «ХАИ»  
enotmandarin@gmail.com*

**А. С. Тищенко**, студент

*Национальный аэрокосмический университет «ХАИ»  
tyshchenko.olexandr@gmail.com*

*Рассматривается технология вероятностной оценки последствий техногенной аварии на основе математического моделирования движения газовой смеси в атмосфере*

*Skob Y. A., Yevtushenko D. V., Bondarenko Y. V., Tyshchenko A. S. Numerical safety estimation in technogenic accident. It is considered the computing technology of probability assessment of technogenic accident consequences based on mathematical modeling of the gas mixture motion in the atmosphere*

*Ключевые слова:* ГАЗОВАЯ СМЕСЬ, ПРОБИТ-АНАЛИЗ, ВЕРОЯТНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ.

*Keywords:* GAS MIXTURE, PROBIT ANALYSIS, CONSEQUENCES PROBABILITY.

Техногенные аварии на промышленных предприятиях часто сопровождаются выбросом в атмосферу токсичных и горючих газов, формированием взрывоопасных смесей с последующим их взрывом и пожаром. В результате таких аварий возможны следующие процессы, представляющие опасность для людей:

ударно-волновое воздействие при распространении волны сжатия в атмосфере; ингаляционное воздействие отравляющих веществ при распространении их в атмосфере в газовой фазе; тепловое излучение, возникающее в результате пожаров или сгорания газовых облаков.

Прогноз и анализ воздействия техногенной аварии основан на математическом моделировании движения многокомпонентного газа в приземном слое атмосферы с учетом химического взаимодействия [1].

Компьютерное решение системы фундаментальных уравнений газовой динамики для смеси, дополненной законами сохранения массы примесей в интегральной форме, получено явным методом С. К. Годунова [2].

В результате моделировании рассеяния и взрыва горючей (токсичной) газовой примеси в атмосфере можно получить функции изменения во времени и пространстве массовой концентрации примеси  $Q$ , давления  $P$  и температуры  $T$  смеси. На основании этих функций определяются все основные характеристики опасности воздействия на персонал.

Рассмотрим технологию определения вероятности поражения. Пусть интегральная степень воздействия  $t$  является случайной, удовлетворяющей нормальному закону распределения с математическим ожиданием равным 5 и дисперсией равной 1. В этом случае величина вероятности поражения  $P$  (измеряется в долях единицы) может быть оценена по формуле

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

С другой стороны интегральную степень воздействия  $t$  можно оценить с помощью уравнения регрессии вида  $t = a + b f(\vec{x})$ , где  $\vec{x} = \{x_k\}$  – количественные оценки поражающих факторов,  $a$ ,  $b$  – коэффициенты уравнения регрессии.

Задавая верхний предел интеграла (1) (пробит-функцию  $P_r = t|_{\vec{x}}$ ), можно определить вероятность поражения при

заданных значениях поражающих факторов (максимальное избыточное давление  $\Delta P_\phi$ , импульс фазы сжатия ударной волны  $I_+$ , токсодоза, тепловой поток излучения). Например, пробит-функцию для летального исхода обслуживающего персонала вследствие воздействия ударной взрывной волны можно определить по формуле

$$P_r = 5 - 2,44 \cdot \ln \left[ 7,38 / \Delta P_\phi + 1,9 \cdot 10^3 / (\Delta P_\phi \cdot I_+) \right]. \quad (2)$$

Обычно для определения вероятности поражения по значению пробит-функции пользуются таблицей значений интеграла (1). Для автоматизации процесса предлагается заменить таблицу кусочно-кубическим эрмитовым сплайном Чернышева Ю. К. [3]. Данный сплайн обладает характеристиками, позволяющими ликвидировать осцилляции аппроксимируемой функции в промежутках.

В докладе предложена вычислительная технология оценки вероятности последствий техногенной аварии на основе трехмерной модели движения газовых смесей в приземном слое атмосферы.

### *Литература*

1. Numerical Modeling of Hydrogen Release, Mixture и Dispersion in Atmosphere [Электронный ресурс] / Е. А. Granovskiy, V. A. Lyfar, Yu. A. Skob, M. L. Ugrumov // 1-st International Conference on Hydrogen Safety. – Pisa (Italy). – 2005. – 11 p. – Режим доступа: <http://conference.ing.unipi.it/ichs2005/Papers/110021.pdf>. – 3.02.2013 г.
2. Численное решение многомерных задач газовой динамики [Текст] / С. К. Годунов, А. В. Забродин, М. Я. Иванов, А. Н. Крайко, Г. П. Прокопов. – М.: Наука, 1976. – 400 с.
3. Чернышев, Ю. К. Выпуклые векторные сплайны в применении к профилированию лопаток ГТД [Текст] / Ю. К. Чернышев // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. научн. трудов. Вып. 21. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2000. – С. 16-18.