

УДК 533.27:519.63:504.05

ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
АТМОСФЕРЫ ТОКСИЧНЫМ ВЕЩЕСТВОМ

Шайтан Алина Фёдоровна, 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 техногенной аварии является разрушение емкости хранения отравляющего химического вещества (ОХВ) в сжиженном состоянии с образованием пятна пролива, испарения ОХВ с образованием токсичного облака. Массовая концентрация ОХВ в воздухе является опасным параметром. Экспозиция обслуживающего персонала объекта определенным концентрациям ОХВ формирует поражающий фактор – ингаляционную токсодозу, превышение пороговых значений которой приводит к социальным последствиям – отравлению различной степени тяжести и человеческим жертвам. 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 ОХВ, на основе математического моделирования рассеяния токсичной примеси в атмосфере. Полученные в результате моделирования пространственно-временные поля опасного параметра – массовой концентрации токсичной примеси Q позволяют определить величину основного поражающего фактора – ингаляционную токсодозу D и условную вероятность поражения P обслуживающего персонала. Математическая модель реализована в виде подсистемы исследовательского программного комплекса «Toxic Spill Safety».

Ингаляционная токсодоза D зависит от массовой концентрации токсичной примеси Q и времени экспозиции τ_3

$$D = \int_0^{\tau_3} Q^n d\tau, \quad (1)$$

где n – табличный коэффициент для каждого ОХВ.

Условная вероятность P поражения человека, находящегося под воздействием ингаляционной токсодозы ОХВ зависит от пробит-функции P_T – верхнего предела определенного интеграла нормального закона распределения с математическим ожиданием 5 и дисперсией 1

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

Пробит-функція для токсического поражения в общем случае определяется по формуле

$$P_T = a + b \cdot \ln(D), \quad (3)$$

где a и b – табличные полуэмпирические коэффициенты.

Для апробации разработанной информационной технологии моделировалось испарение пролива 6925 кг сжиженного цианистого водорода (токсичного взрывоопасного вещества плотностью 689 кг/м³, молярной массой 0,027 кг/моль, температурой кипения 298,6 К, теплотой испарения 933 кДж/кг) с пятна пролива в форме окружности радиусом 8 м. Центр окружности пятна пролива располагался на расстоянии 16 м от начала координат в расчетной области с габаритами 85×10×85 м и количеством ячеек вдоль осей 85×10×85. На расстоянии 30 м по оси OX и 28 м по оси OZ от начала координат располагалось здание с габаритами 15×5×25 м. Ветер набегает со скоростью 3 м/с под углом 45° к оси OZ на высоте 0,5 м. Интенсивность испарения ОХВ составляла 0,00106 кг/с/м²

Поля условной вероятности летального исхода для человека при ингаляции цианистого водорода представлены на рис. 3.

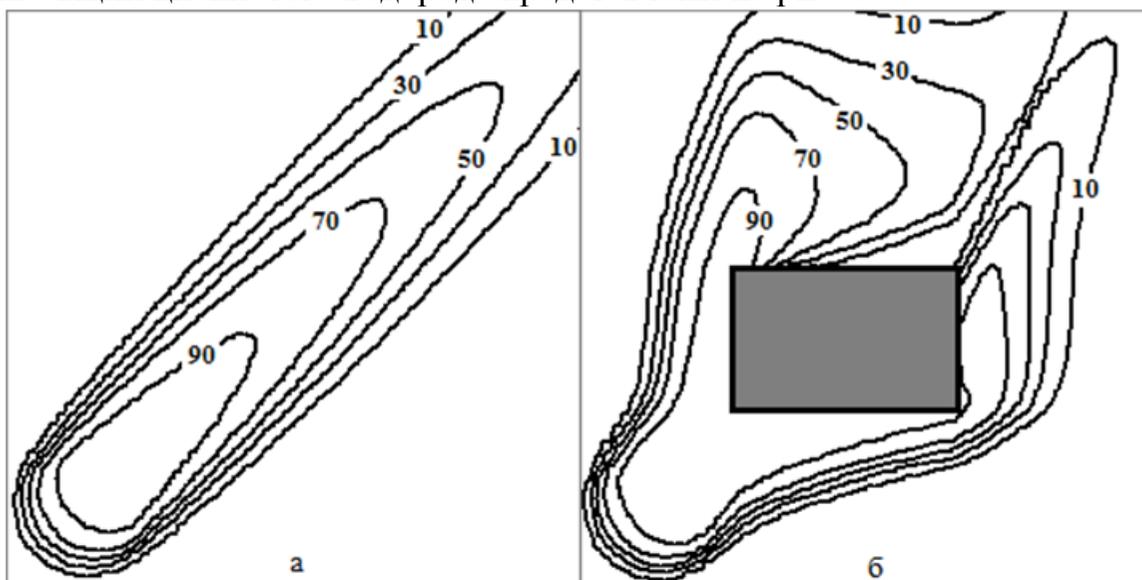


Рис. 1. Поле условной вероятности летального исхода человека у земли, %: а – без здания; б – со зданием

Выводы. Разработана вычислительная технология оценки безопасности на основе пробит-анализа, которая позволяет осуществлять автоматизированный анализ и прогноз во времени и пространстве относительной массовой концентрации токсичного газа как опасного параметра, ингаляционной токсодозы, как поражающего фактора, и условной вероятности смертельного поражения обслуживающего персонала, который подвергается воздействию отравляющего химического вещества, как показателя степени безопасности техногенного объекта.