

ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСПАРЕНИЯ
СЖИЖЕННОГО ТОКСИЧНОГО ГАЗА

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

Брисов Сергей Игоревич, студент гр. 345а

Халтурин Владимир Александрович, к.ф.-м.н., доцент кафедры 304

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

Наряду с валидацией математической модели относительно результатов физического эксперимента, реализацию ее в виде программного кода подвергают верификации, одним из инструментов которой является проверка поведения математической модели на расчетных сетках различной густоты. Математическая модель должна давать устойчивое решение, которое приближается к «точному».

Вычислительный эксперимент проводился для сценария аварийного пролива сжиженного цианистого водорода с образованием пятна круглой формы с центром (18 м; 18 м) и радиусом 8 м на площадке квадратного сечения 60 х 60 м у земли. Испарение происходит с поверхности пятна с постоянной интенсивностью $1,19 \text{ кг/с/м}^2$, которая определяется для скорости ветра 3 м/с для степенного профиля с коэффициентом 0,4 и температуры воздуха 293 К. Испарение прекращалось через 3 с. Ветер набегал под углом 45° к продольной оси. Параметры безопасности контролировались в точках Р0 (35 м; 35 м) и Р1 (55 м; 55 м).

Образование токсичного облака и его рассеяние моделировалось с помощью компьютерной системы «Fire». Нестационарные поля массовой концентрации примеси использовались для получения распределения условной вероятности смертельного поражения человека (рис. 1)

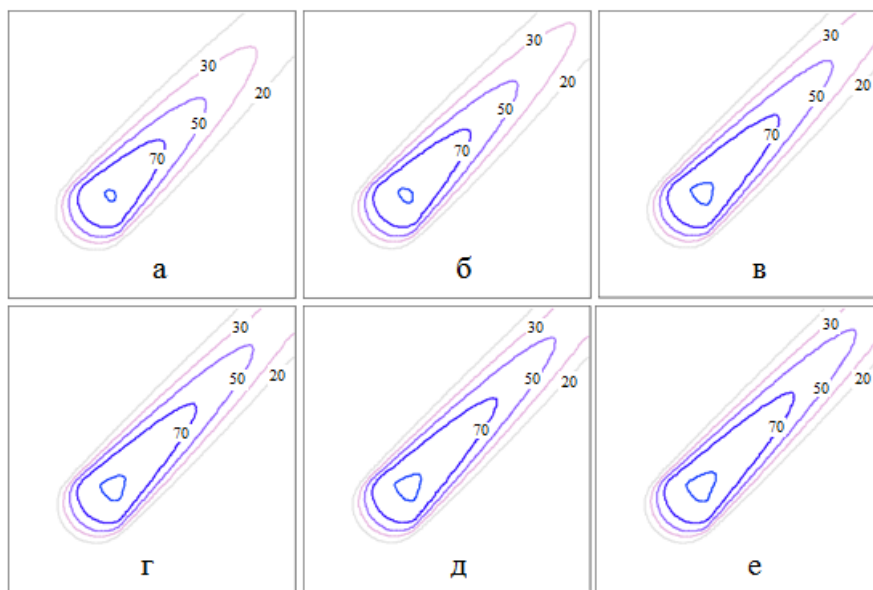


Рис. 1. Поля вероятности поражения: а-е – варианты V1-V6 сетки

Вычислительная сетка последовательно сгущалась в вариантах от V1 до V8: 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 и 270 ячеек, соответственно. Изменение условной вероятности летального исхода в контрольных точках в зависимости от варианта разбиения пространства представлено на рис. 2.

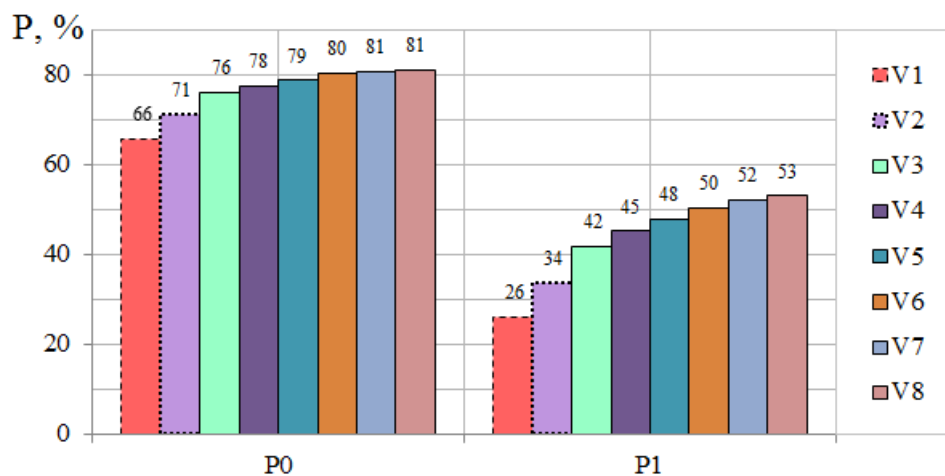


Рис. 2. Диаграмма вероятности смертельного токсического поражения человека в контрольных точках P0 и P1:
V1-V8 – варианты густоты расчетной сетки

Замерялась также такая важная характеристика безопасности, как площадь зоны, в которой вероятность смертельного исхода была больше 50% (рис. 3).

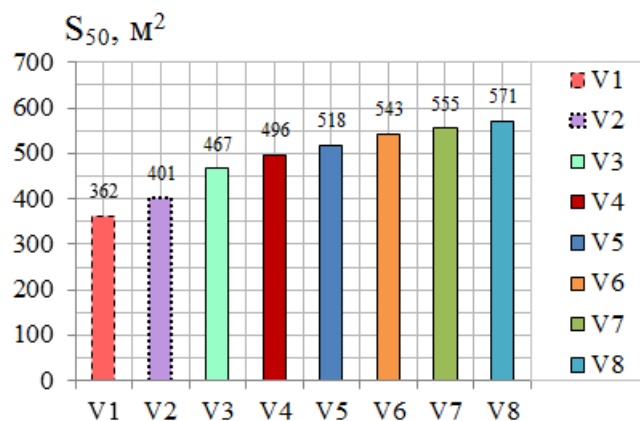


Рис. 3. Диаграмма площади опасной зоны S50 в контрольных точках P0 и P1: V1-V8 – варианты густоты расчетной сетки

Выводы. Сравнение полей вероятности поражения, вероятностей в контрольных точках и площадей опасных зон для сеток различной густоты позволяет сделать вывод об устойчивости разработанной математической модели испарения и рассеяния токсичного вещества и программного кода который ее реализует и очевидной постепенной сходимости к единому решению с увеличением густоты вычислительной сетки. Видно, что более мелкая сетка дает более точное описание физического процесса, что позволяет сделать вывод об адекватности математической модели.