

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ВЗРЫВА И ПОЖАРА НА ЛЮДЕЙ

Ваштиев В. К.

При оценке уровня опасности опасного производственного объекта (ОПО) встает задача по оценке уровня воздействия поражающих факторов аварийных ситуаций (ПФАС) на людей и сооружения. С такой задачей могут столкнуться экспертные организации, страховые компании и собственники производственных объектов. Для оценки уровня опасности необходимы данные последствия аварийных ситуаций: степень разрушения здания, зоны поражения опасных факторов аварии, количество пострадавших, экономический ущерб предприятия. Если опасный производственный объект как система представляет собой сложную структуру с множественным персоналом, зданиями, техническим оборудованием, встает вопрос о расчете воздействия аварии на объект экономики.

Фактически оценка воздействия поражающих факторов аварийной ситуации на людей и сооружения сводится к определению двух функций: зависимость количества ПФАС от расстояния до аварии и зависимость ущерба от количества ПФАС.

Количество поражающих факторов аварийной ситуации, а также их физическая природа будут зависеть от вида чрезвычайной ситуации (ЧС).

Существуют методики определения количества поражающих факторов и функции воздействия их на людей и элементы объектов экономики в зависимости от вида ЧС. Рассмотрим воздействия поражающих факторов пожара и взрыва.

Известно, что в общем случае одна и та же мера воздействия (количество поглощенного вещества, доза термической радиации или импульс давления) может вызвать последствия различной степени тяжести у различных людей, т.е. эффект поражения носит вероятностный характер. Величина поражения (P измеряется в долях единицы или процентах) выражается, как правило, функцией Гаусса (функцией ошибок), записываемой в виде:

$$P = f(Pr) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} e^{-t^2/2} dt \quad (1)$$

в которой верхний предел интегральной функции является так называемой пробит-функцией, отражающей связь между вероятностью поражения и поглощенной дозой. Пробит-функция может быть вычислена по уравнению вида:

$$Pr = a + b * \ln(D), \quad (2)$$

где - a и b - константы для каждого вещества или процесса, характеризующие специфику и меру опасности его воздействия, D - поглощенная субъектом доза негативного воздействия. Ниже приведены некоторые пробит-функции

Термическое воздействие на человека

Для определения вероятности летального исхода смертельного поражения при термическом воздействии можно воспользоваться следующими пробит-функциями:

$$Pr = -14,9 + 2,56 * \ln(q^{4/3} * t), \quad (3)$$

где t - длительность воздействия, с;

q - интенсивность теплового излучения, Дж/м²*с.

Зависимости вероятности различных степеней поражения опасными факторами пожара от расстояния.

В работе [4] при оценке рисков предлагается вести оценки не только безвозвратных потерь, но и дифференцировать санитарные потери по степени их тяжести. Вероятность поражения различных степеней поражения при тепловом излучении можно рассчитать с помощью пробит-функций:

- для III степени поражения

$$Pr = - 12,6 + 2,99 \ln(q^{4/3} * t), \quad (4)$$

- для II степени поражения

$$Pr = - 11,4 + 2,99 \ln(q^{4/3} * t), \quad (5)$$

- для I степени поражения

$$Pr = - 9,16 + 2,99 \ln(q^{4/3} * t), \quad (6)$$

- болевой порог

$$Pr = - 8,74 + 2,99 \ln(q^{4/3} * t), \quad (7)$$

Для определения диапазона действия пробит-функций смоделируем ситуацию с развитием пожара пролива легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (ЛВЖ и ГЖ) основанной методикой ГОСТ Р 12.3.047-98 [2] и просчитанной сервисом «Прогноз последствий пожара пролива ЛВЖ и ГЖ» (<http://rintd.ru/straitfire>). В качестве исходных данных введем:

1. Наименование вещества: СПГ (метан)
2. Площадь пролива, м²: $S = 1000,0$
3. Время воздействия опасного фактора пожара (ОФП), сек.: $t = 20$

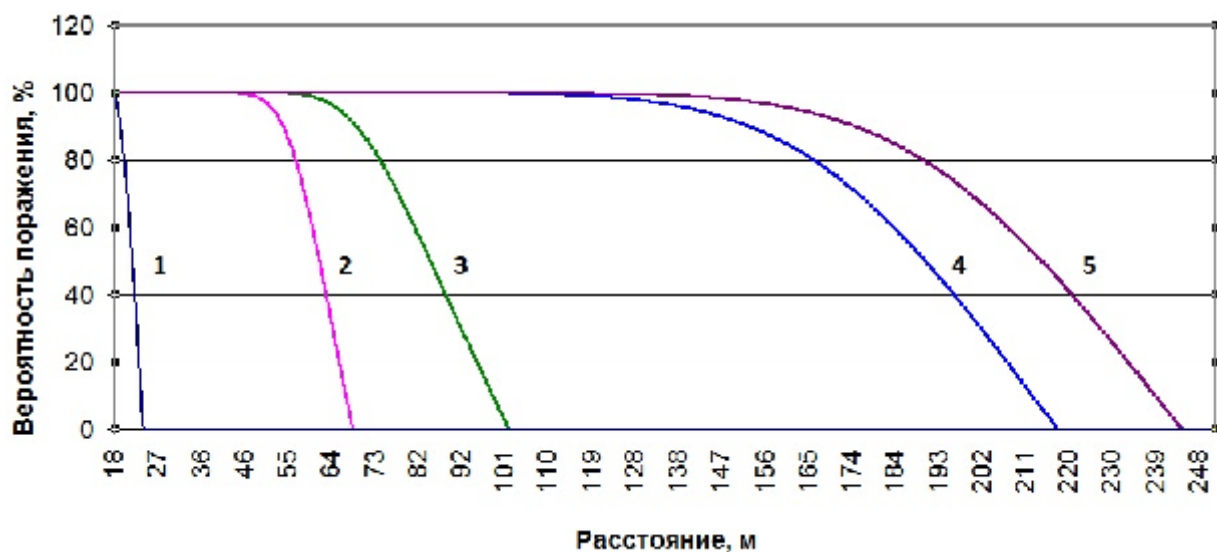


Рис. 1. Графики зависимости вероятностей различных степеней поражений человека от расстояния, где: 1 – график функции из Pr (3); 2 – график функции Pr (4); 3 – график функции из Pr (5); 4 – график функции из Pr (6); 5 – график функции из Pr (7)

Из графиков (рис. 1) видно диапазон различной степени поражения людей при образовании пожара пролива СПГ (метан) площадью 1000 м² и временем воздействия ОФП 20 сек.:

- летальный исход – от 18,0 до 24,0 (м);
- III степень поражения – от 42,0 до 69,0 (м);
- II степень поражения – от 52,0 до 102,0 (м);
- I степень поражения – от 93,0 до 218,0 (м);
- болевой порог – от 109,0 до 245,0 (м).

Барическое воздействие взрыва на технологическое оборудование и человека

Для определения вероятности летального исхода от прямого воздействия на людей избыточного давления и импульса можно воспользоваться следующими пробит-функциями:

$$Pr = -2,44 * \ln(7380 / dP + 1,9 * 10^9 / (dP * Imp)), \quad (8)$$

$$Pr = 5,0 - 5,74 * \ln(4,2 / (dP / P_0) + 1,3 / (Imp / (P_0^{0,5} * m^{0,333}))), \quad (9)$$

$$Pr = -77,1 + 6,91 * \ln(dP), \quad (10)$$

$$Pr = 5 - 0,26 * \ln((17500 / dP)^{8,4} + (290 / Imp)^{9,3}), \quad (11)$$

где m – масса тела человека, кг;

Imp – импульс на фронте ударной волны, Н/м²*с;

dP – избыточное давление на фронте ударной волны, Н/м²;

P_0 – атмосферное давление, Н/м².

Для определения диапазона действия пробит-функций смоделируем ситуацию с развитием взрыва конденсированного взрывчатого вещества рассчитанного по формулам М.А. Садовского [5] сервисом «Прогноз взрыва конденсированных взрывчатых веществ» (http://rintd.ru/explosion_vv). В качестве исходных данных введем:

1. Наименование вещества: Тринитротолуол (ТНТ)
2. Наименование подложки: Бетон
3. Масса вещества, кг.: 5000,0
4. Масса тела человека, кг.: 70,0

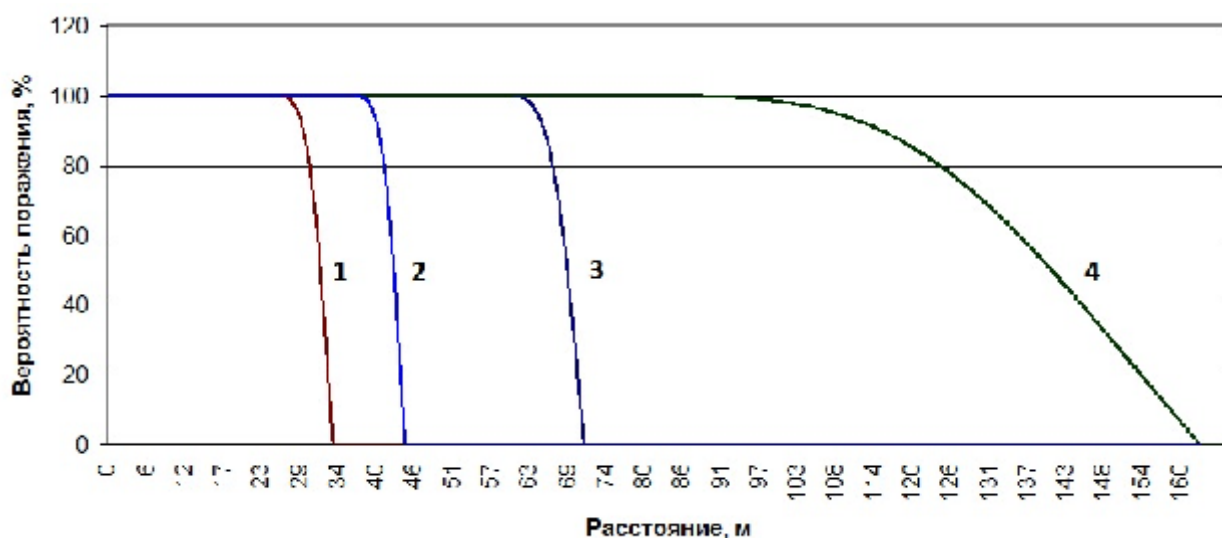


Рис. 2. . Графики зависимости вероятностей различных степеней поражений человека от расстояния, где: 1 – график функции из Pr (8); 2 – график функции Pr (9); 3 – график функции из Pr (10); 4 – график функции из Pr (11); 5 – график функции из Pr (12)

На рис. 2 изображены графики зависимости вероятности поражения людей от расстояния полученных из различных пробит-функций при одинаковых условиях воздействия поражающих факторов на человека. Из полученных данных можно сделать вывод что пробит поражения людей по ГОСТу [2] дает более завышенную оценку гибели люди в сравнении с остальными.

Осколочное воздействие на человека

Для оценки выживания человека в случае воздействия непроникающих осколков с массой 0,1 – 4,5 кг можно воспользоваться расчетом значения пробит-функции в зависимости от энергии осколков E (Дж) по формуле:

$$Pr = -17,56 + \ln E. \quad (15)$$

Скорость осколков (км/с) можно принять равной скорости газовой массы при адиабатическом разлете газового шара:

$$V = (2Q/M)^{0,5}, \quad (16)$$

где M – масса заряда ВВ (взорвавшегося материала), кг;

Q – энерговыделение при взрыве, кг ТНТ.

Инструмент для оценки воздействия поражающих факторов аварийной ситуации на людей и сооружения

Для реализации систематических расчетов по оценке воздействия поражающих факторов аварийной ситуации на людей и объекты экономики есть необходимость в программном модуле, позволяющем оценить данное воздействие с учетом антропогенных факторов на местности.

Предлагается реализация данного модуля на открытой платформе интеграции сервисов «Безопасность в техносфере».

Назначение модуля:

- расчет степени разрушения, количестве погибших, экономическом ущербе объекта экономики.

- отображение зон поражения аварийной ситуации на ОПО на карте

Данный модуль состоит из двух частей: блок ввода и блок расчета. Ввод представляет собой создание 2D пространственно-информационную (ПИМ) модель опасного объекта. Пользователю необходимо обозначить расположение и ввести свойства здания/сооружения (полигона). Основные свойства полигона:

- координаты полигона (долгота, широта);
- площадь (m^2);
- количество людей;
- полная стоимость сооружения (руб.);
- тип полигона (открытая местность, здание деревянное, здание кирпичное и т.п.).

Далее обозначит источник аварии. Свойства аварийного источника:

- координаты эпицентра (долгота, широта);
- тип воздействия на окружающую среду (барометрическое, тепловое, химическое);
- количество потенциально-опасного вещества.

Расчетный часть сервиса обрабатывает ПИМ и строит поля риска для людей и зданий/сооружений исходя из которых в последующем строится прогноз экономического и материального ущерба рассматриваемого объекта экономики.

В отличие от своих аналогов данный модуль предполагается реализовать, используя Web-технологии, что позволит клиентам вводить необходимые данные и получать результаты расчетов в Online-режиме.

Список литературы

1. Отраслевое руководство по анализу и управлению риском, связанным с техногенным воздействием на человека и окружающую природную среду при сооружении и эксплуатации объектов добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородного сырья с целью повышения их надежности и безопасности. РАО «Газпром», 1996. — 209 с.
2. ГОСТ Р 12.3.047-98 - ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов.
3. Анализ безопасности установок и технологий. Методическое пособие по проблемам регулирования риска / Под общей редакцией канд. техн. Наук С.В. Петрина. – Саров: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2003. – 384 с.: ил. ISBN 5-9515-0021-4
4. Еналеев, Р.Ш. Прогнозирование санитарных потерь от воздействия теплового излучения в чрезвычайных ситуациях / Р.Ш. Еналеев, Э.Ш. Теляков, В.А. Качалкин, Ю.С. Чистов, А.М. Закиров // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – №1. – С. 36 – 41.
5. Ваштиев В.К. Сервис прогноза последствий взрыва конденсированных взрывчатых веществ // Производство. Технология. Экология.: Международная конференция с элементами научной школы для молодежи: материалы конф. и шк. - Ижевск: Издательство "Удмуртский университет", 2010. С. 87 - 89.
6. URL : <http://gochs.info/p776.htm>