

УДК 614.8

*Басманов А.Е., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., НУГЗУ,
Говаленков С.С., науч. сотр., НУГЗУ*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВТОРИЧНОГО ОБЛАКА ОПАСНОГО ХИМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В АТМОСФЕРЕ

На примере аммиака проведена проверка адекватности математической модели распространения опасного химического вещества в воздухе при его непрерывном истечении с места аварии

Ключевые слова: авария, чрезвычайная ситуация, опасное химическое вещество

Постановка проблемы. При ликвидации аварий на объектах, использующих опасные химические вещества (ОХВ), необходимо знать интенсивность истечения этих веществ с места аварии. В реальных условиях эта величина не может быть известна, но может быть получена после прибытия подразделений МЧС к месту ликвидации аварии и проведения разведки. Прогнозирование уровня концентрации ОХВ в воздухе с использованием математического моделирования является актуальной задачей, решение которой позволит руководителю ликвидации аварии заранее принять меры по безопасному проведению работ. Для подтверждения адекватности предлагаемой вероятностной модели определения концентрации ОХВ в воздухе необходимы экспериментальные исследования.

Анализ последних исследований и публикаций. Как отмечается в [1,2], использование стохастических моделей для прогнозирования уровня концентрации опасных веществ в воздухе и определения возможного поражения людей – одно из наиболее широко используемых направлений при моделировании аварий и чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с выбросом ОХВ. Полученные в [3-7] модели предполагают знание интенсивности истечения ОХВ с места аварии. Оценка интенсивности выброса вещества может быть получена на основании площади отверстия истечения, давления и агрегатного состояния ОХВ в поврежденной емкости. Для такого подхода в свою очередь требуется знание ряда параметров, точные значения которых, как правило, неиз-

вестны. Момент аварии (начало истечения вещества из отверстия) также может быть известен лишь приблизительно. Вертикальная составляющая скорости ветра определяется состоянием атмосферы и плотностью загрязняющего вещества. Погрешности в оценивании перечисленных величин способны привести к существенным погрешностям в оценке концентрации ОХВ в воздухе и стать причиной ошибочного решения об использовании тех или иных средств защиты.

Таким образом, целесообразно применять стохастические модели для прогнозирования уровня концентрации ОХВ в воздухе. Для определения точности и достоверности использования таких моделей необходимо проведение экспериментальных исследований.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является экспериментальная проверка модели распространения ОХВ в воздухе, в ходе которой расчетные значения концентрации аммиака в воздухе сравниваются с результатами измерений. Суть эксперимента состояла в следующем.

Таблица 1 – Параметры случайного процесса, описывающего скорость ветра

Параметр	Значение
Средняя скорость ветра в направлении оси X , \bar{v}_x , м/с	1,6
Средняя скорость ветра в направлении оси Y , \bar{v}_y , м/с	0
СКО скорости ветра в направлении оси X , σ_ξ , м/с	0,38
СКО скорости ветра в направлении оси Y , σ_η , м/с	0,09
Параметры корреляционных функций: α_ξ , 1/с	0,037
α_η , 1/с	0,024
Параметры взаимной корреляционной функции: $s_{\xi\eta}$, м ² /с ²	0,069
$\alpha_{\xi\eta}$, 1/с	0,121

Учитывая полученные зависимости [3,4], предварительно были построены оценки математического ожидания (\bar{v}_x, \bar{v}_y) компонент вектора скорости ветра и параметров σ_ξ^2 , σ_η^2 , α_ξ , α_η , корреля-

ляционных функций $K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 \exp(-\alpha_{\xi}|\tau|)$, $K_{\eta}(\tau) = \sigma_{\eta}^2 \exp(-\alpha_{\eta}|\tau|)$, взаимной корреляционной функции $K_{\xi\eta}(\tau) = s_{\xi\eta} \exp(-\alpha_{\xi\eta}|\tau|)$ – табл.1.

При этом ось X была выбрана таким образом, чтобы ее направление совпадало со средним направлением ветра. Процесс истечения ОХВ осуществлялся с помощью установки, схема которой приведена на рис. 1, а внешний вид – на рис. 2.

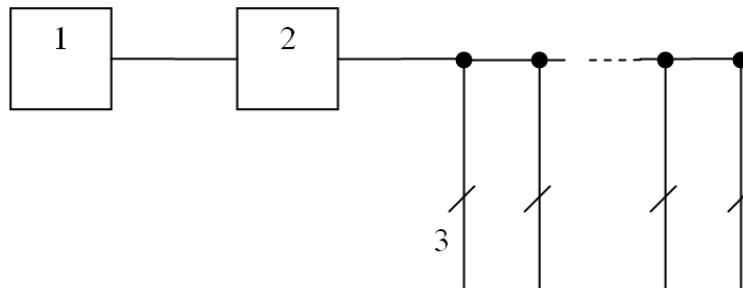


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки: 1 – емкость с жидким аммиаком; 2 – центробежный насос; 3 – трубы с шаровыми кранами



Рис. 2 – Внешний вид экспериментальной установки спереди (а) и сзади (б): 1 – выходное отверстие; 2 – разъем для подключения насоса; 3 – система труб

Производительность установки составляет до 1 л/с распыленной жидкости. Требуемая интенсивность выброса подбиралась в ходе предварительных экспериментов, в ходе которых к насосу

підсоединялась ємкість з водою, вимірювалось час роботи установки і визначалось змінення рівня води в ємкості. Експеримент з подачею амміака проводився наступним чином:

- к центробежному насосов підсоединялась ємкість з амміаком;
- відкривався кран на одній з труб 3;
- ввіключався центробежний насос;
- в заранеє відмічених кільшкми точках проводились вимірення концентрації амміака в повітрі (рис. 3.);
- по истеченні 1 мин. ввіключався центробежний насос;
- закривався кран 3.

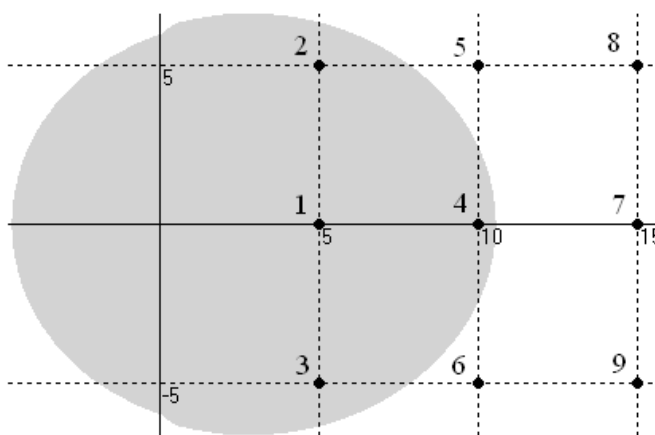


Рис. 3 – Точки вимірення концентрацій амміака (1-9)

Для роботи в зоні виброса використовувався захисний костюм в відповідності з [8]. Вимірення концентрації амміака в повітрі проводилось з допомогою приборов Дозор-С-М. Поскольку процес одного вимірення ввіключает в себе взяття проби і займає околов 15 с, то в виміренні принімало участь 3 оператора з газоаналізаторами (рис. 4).

Фактичєская інтенсивність виброса була визначена путем взвешивания ємкості з амміаком до і после експеримента і составила $E = 14$ г/с. Результати виміреннь представлєны в табл. 2, где центр отворєтєя, из которого происходит утечка амміака, имеет координаты $(0,0,z_0)$, $z_0 = 2$ м, а время отсчитывается от момента ввіключения насоса. При этом вимірення проводились на высоте $z = 1,5$ м, а под временем в табл. 3.2 понимается среднее значение между началом и завершением вимірення

$$t = t_n + t_{изм} / 2,$$

где t_n – момент начала измерения (включение прибора); $t_{изм}$ – длина интервала времени между включением прибора и получением результата.



Рис. 4 – Проведение эксперимента

Таблица 2 – Экспериментальное определение концентрации аммиака

№ эксп.	Координаты точки		Вре- мя, t , с	Концентрация c , мг/м ³		Погреш- ность, %
	x , м	y , м		Расчет	Экспе- римент	
1	5	0	14	37,0	35,1	5
2	5	5	19	23,5	19,6	17
3	5	-5	21	23,7	21,8	8
4	10	0	34	20,7	19,7	5
5	10	5	48	17,2	14,6	15
6	10	-5	43	17,1	14,4	16
7	15	0	63	14,3	11,7	18
8	15	5	70	12,5	10,1	19
9	15	-5	71	12,5	9,8	22

Выводы. Проведена экспериментальная проверка модели распространения вторичного облака ОХВ на примере разгерметизации емкости с жидким аммиаком. Сравнение экспериментальных данных с результатами расчетов показало, что среднее раз-

личие между ними составляет около 14%, а максимальное – 22%, что подтверждает адекватность предложенной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О. Моніторинг надзвичайних ситуацій. / Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін. – Х. : АЦЗУ, 2005. – 530 с.
2. Моделирование аварийных ситуаций на опасных производственных объектах. Программный комплекс ТОКСИ+ (версия 3.0): Сборник документов. Серия 27. Выпуск 5 / [Колл. авт]. – М. : Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2006. – 252 с.
3. Басманов А.Е. Математическая модель диффузии паров опасных химических веществ в воздухе. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – № 8. – С.29-39.
4. Говаленков С.С. Определение параметров корреляционных функций для построения стохастической модели распределения концентраций опасных химических веществ в воздухе. / С.С. Говаленков, Е.А. Панина // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – № 8. – С.58-69.
5. Басманов А.Е. Оценка вероятности превышения концентрацией вещества в воздухе допустимого значения. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков, Е.А. Панина // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – № 9. – С. 39-45.
6. Басманов А.Е. Определение безопасных зон при ликвидации аварии, связанной с выбросом опасных химических веществ. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2009. – № 10. – С. 44-51.
7. Говаленков С.С. Оценка интенсивности истечения опасных химических веществ из источника выброса / С.С. Говаленков, А.Е. Басманов // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2010. – Вип. 11. – С. 39-44.
8. Стрілець В.М. Аналіз захисних властивостей засобів індивідуального захисту, які призначені для роботи в умовах викиду небезпечних хімічних речовин / В.М. Стрілець, М.В. Васильєв // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – 2010. – Вип. 1 (23). – С. 197-200.

Басманов О.Є., Говаленков С.С.

Експериментальна перевірка моделі розповсюдження вторинної хмари небезпечної хімічної речовини в атмосфері

На прикладі аміаку проведено перевірку адекватності математичної моделі розповсюдження небезпечної хімічної речовини у повітрі при її неперервному витіканні з місця аварії

Ключові слова: аварія, надзвичайна ситуація, небезпечна хімічна речовина

Basmanov A.E., Govalenkov S.S.

Experimental verification of the model of secondary hazardous chemical cloud spread in atmosphere

Mathematical model of hazardous chemical spread in the air is verified on example ammonia which continuously exiated from accident place

Key words: accident, emergency, hazardous chemical spread

УДК 614.84

Беляев В.Ю., адъюнкт, НУГЗУ,

Тарасенко А.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НУГЗУ

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ ЭКСТРЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ

(представлено д-ром техн. наук Лариным А.Н.)

Проведен анализ существующих моделей нахождения оптимальных путей экстренной эвакуации населения. Показано, что в литературе отсутствуют континуальные модели нахождения оптимальных путей при наличии динамики поражающих факторов чрезвычайной ситуации, а также при повреждении или недоступности сети дорог.

Ключевые слова: эвакуация населения, пути эвакуации, модели оптимального пути эвакуации

Постановка проблемы. Общий рост численности населения и плотности его проживания, повышения антропогенного давления на окружающую среду, усложнение самой техногенной сферы и повышение ее потенциальной опасности, а также влияние глобальных климатических изменений приводят к росту рисков значительных человеческих потерь в результате возникновения масштабных природных и техногенных чрезвычайных ситуа-

Беляев В.Ю., Тарасенко А.А.