

УДК 681.324

*Кирочкин А.Ю., науч. сотр., НУГЗУ,
Левтеров А.А., канд. техн. наук, вед. науч. сотр., НУГЗУ*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОГО МОНИТОРИНГА С БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫБРОСА ОПАСНОГО ХИМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

В работе предложено методическое обеспечение оценки выброса (истечения) газообразного опасного химического вещества для системы мобильного мониторинга, имеющей в составе беспилотные летательные аппараты. Приведен пример работы системы в условиях чрезвычайной ситуации с выбросом (истечением) аммиака.

Ключевые слова: мониторинг, беспилотный летательный аппарат, выброс, опасные химические вещества

Постановка проблемы. В Украине на сегодняшний день использование систем мобильного мониторинга, имеющих в своем составе беспилотные летательные аппараты (БЛА), в силу ряда объективных причин является крайне ограниченным и, в основном, находится на стадии проектирования. Тем не менее, следует отметить отечественный проект беспилотного авиационного комплекса Министерства обороны Украины для воздушного наблюдения и разведки (проект «Кречет»), проект Службы безопасности Украины для решения широкого круга задач воздушного наблюдения и разведки при обеспечении антитеррористических и чрезвычайных операций в условиях городской и промышленной застройки, а также проект авиационного беспилотного комплекса «Бекас-НГ», предназначенного для круглосуточного и внесезонного инспектирования объектов ОАО «Укрнефть» с целью видового и инструментального обследования технического состояния трасс нефтегазопроводов, нефте- и газоперерабатывающих заводов, резервуарных парков, концевых анкерных опор, линий электропередач, выявления несанкционированных врезок в нефтегазопроводы, слежения за перемещением людей и транспортных средств на территориях, прилегающих к объектам ОАО «Укрнефть». К со-

жалению, аналогичные комплексы или хотя бы их проекты в МЧС Украины отсутствуют, равно как отсутствует и концепция использования мобильных комплексов (в том числе, с БЛА) для задач мониторинга.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время для создания эффективных сравнительно дешевых систем мониторинга, воздушного наблюдения и разведки все чаще используются БЛА. По свидетельствам зарубежной печати сфера их применения постоянно расширяется и не ограничивается решением традиционных военных задач. Например, в США и странах Евросоюза на основе БЛА разрабатываются мобильные комплексы для проведения экологического мониторинга, разведки полезных ископаемых, нужд сельского хозяйства, транспорта и т.п. Все чаще такие комплексы используются для решения проблем гражданской защиты [1].

В Украине в последнее время мониторингу чрезвычайных ситуаций (ЧС) также уделяется повышенное внимание, например, 13 Всеукраинская научно-практическая конференция спасателей постановила «обеспечить условия для проведения мониторинга состояния пожарной безопасности в природных экосистемах, патрулирования лесных массивов и лесопарковых зон; выявление, оценка и прогнозирование риска возникновения чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и районах...» [2].

В работе [3] описана система мобильного мониторинга ЧС с использованием БЛА и его характеристики. Данный комплекс, при использовании соответствующего оборудования, можно применить для анализа и прогноза зоны выброса опасного химического вещества (ОХВ).

Постановка задачи и ее решение. Используя систему мобильного мониторинга ЧС из [3], требуется определить выброс (истечение) газообразного ОХВ и поле концентрации выбрасываемого вещества.

Расположим систему координат следующим образом: начало координат O поместим в источник выброса (истечения) ОХВ, ось x направим по направлению ветра, ось z – вертикально вверх, а ось y направлена перпендикулярно осям x и z так, чтобы система координат была правой (рис. 1).

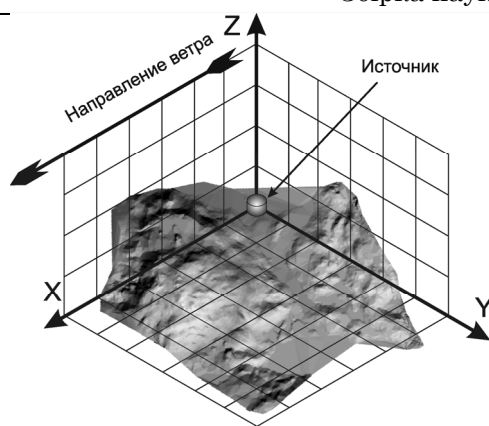


Рис. 1 – Система координат

В качестве математической модели выберем модель рассеивания Гаусса, описывающая процесс распространения легких ОХВ и определения его концентрации в приземном слое атмосферы для расстояний до 10 км от точечного источника [4]. Основное предположение модели заключается в том, что турбулентность всюду одинакова; скорость и направление ветра постоянны и не меняются при движении потока. Согласно этой модели концентрация выбрасываемого вещества в точке с координатами x , y , z равна

$$C(x, y, z) = \frac{QV}{2\pi \cdot u_s \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right), \text{ г/м}^3 \quad (1)$$

где Q – выброс вещества, г/с; V – вертикальные условия рассеивания; σ_y , σ_z – стандартные отклонения рассеивания по горизонтали и вертикали, м; u_s – скорость ветра на эффективной высоте источника выбросов, м/с.

Для решения задачи используем следующий алгоритм [3].

1. Запускаем БЛА в зону ЧС.
2. В заданных точках измеряем концентрацию выбрасываемого вещества с помощью бортовых датчиков БЛА (для измерения необходимо приземление БЛА).
3. Передача данных на наземный пункт управления и их обработка.
4. Оценка выброса (истечения) ОХВ.
5. Оценка погрешности определения выброса.

Задача определения количества и взаимного расположения точек, в которых производятся измерения, в рамках данной работы не рассматривается. Оценка выброса в точке с координатами x_i, y_i, z_i проводится по формуле

$$Q_i = \frac{2\pi \cdot u_s \sigma_y \sigma_z}{V} \exp\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) C(x_i, y_i, z_i), \text{ г/с}$$

полученной из (1). После проведения измерений во всех точках усредняем полученные значения выброса

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i,$$

где n – количество точек. Примем $n = 10$.

Для оценки погрешности определения выброса в тех же заданных точках по формуле (1) вычислим расчетные значения концентрации выбрасываемого вещества $C^*(x_i, y_i, z_i)$ и определим относительную погрешность измерений по формуле

$$\delta = \max_i \left(\frac{|C_i^* - C_i|}{C_i} \right).$$

Приведем пример решения задачи. Пусть на производственном объекте произошла ЧС, связанная с частичным разрушением емкости с газообразным ОХВ, сопровождающаяся длительным непрерывным истечением ОХВ в атмосферу. Имеем следующие исходные данные: ОХВ – аммиак; ясная солнечная погода (класс стабильности атмосферы A); приземная скорость ветра 1,4 м/с.

Решим задачу определения выброса ОХВ, применив описанный выше алгоритм. Расположение точек, в которых проводятся измерения, и порядок их облета показаны на рис. 2.

Результаты измерений и вычислений приведены в таблице 1.

Произведя описанные расчеты, получаем $Q = 5$ г/с и $\delta = 4,01\%$. Поле концентраций, рассчитанное по модели (1) при полученном выбросе, показано на рис. 3.

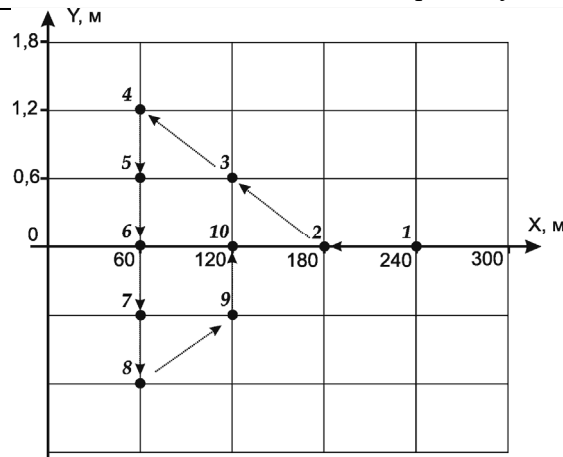


Рис. 2 – Контрольные точки и порядок их облета

Таблица 1 – Результаты измерений и вычислений

i	$x_i, \text{ м}$	$y_i, \text{ м}$	$C_i^*, \text{ мкг/м}^3$	$Q_i, \text{ г/с}$	$C_i, \text{ мкг/м}^3$	$\delta_i, \%$
1	240	0	54,17	5,19	52,08	4,01
2	180	0	88,49	5,01	88,5	0,01
3	120	0,6	36,93	5	36,91	0,05
4	60	1,2	18,93	4,9	18,20	4,01
5	60	0,6	38,1	5,02	38,10	0,05
6	60	0	133,87	4,93	135,22	1
7	60	-0,6	38,48	5,05	38,10	1
8	60	-1,2	18,02	4,95	18,20	0,99
9	120	-0,6	35,82	4,85	36,93	3,01
10	120	0	124,05	5,1	121,62	2

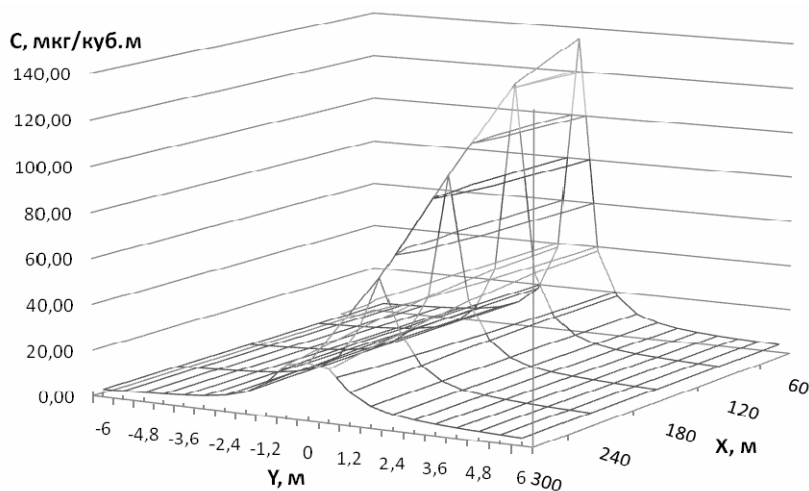


Рис. 3 – Поле концентраций ОХВ в области ЧС

Выводы. В работе предложено методическое обеспечение оценки выброса (истечения) газообразного ОХВ для системы мобильного мониторинга, имеющей в составе БЛА. Приведен пример работы системы в условиях ЧС с выбросом (истечением) аммиака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Proc. 23rd Bristol International Unmanned Air Vehicle Systems (UAVS) Conf. Bristol, UK: University of Bristol, 2008.
2. Лист МНС України №03-12190/171 від 06.10.2011 «Резолюція 13 Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників».
3. Левтеров А.А. Система мобильного мониторинга чрезвычайной ситуации с использованием беспилотных летательных аппаратов [Текст] / А.А. Левтеров // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2011. – Вип. 14. – С. 112-117.
4. Techniques and decision making in the assessment of off-site consequences of an accident in nuclear facility. - Safety series № 86, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1987.
nuczu.edu.ua

Кірочкін О.Ю., Левтеров О.А.

Використання системи мобільного моніторингу з безпілотним літальним апаратом для оцінки характеристик викиду небезпечної хімічної речовини

У роботі запропоновано методичне забезпечення оцінки викиду (виділення) газоподібної небезпечної хімічної речовини для системи мобільного моніторингу, що має в складі безпілотні літальні апарати. Наведено приклад роботи системи в умовах надзвичайної ситуації з викидом (виділенням) аміаку.

Ключові слова: моніторинг, безпілотний літальний апарат, викид, небезпечні хімічні речовини

Kirochkin A.Yu., Levterov A.A.

Application of system of mobile monitoring with the unmanned aircraft for the estimation of characteristics of emission of dangerous substance

In paper methodical providing an assessment of emission (expiration) of gaseous dangerous chemical for the system of mobile monitoring having in structure unmanned aircraft is offered. It is given an example system works in the conditions of an emergency situation with emission (expiration) of ammonia.

Key words: monitoring, unmanned device, emission, dangerous substance