

*Басманов А.Е., д-р техн. наук, проф., НУГЗУ,*

*Говаленков С.С., НУГЗУ,*

*Михайлюк А.А., канд. техн. наук, ст. научн. сотр., НУГЗУ*

## **ДИСПЕРСИЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫБРОСА ОПАСНОГО ХИМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ВТОРИЧНОГО ОБЛАКА**

Визначено дисперсію оцінки інтенсивності викиду небезпечної хімічної речовини в атмосферу, яка отримана на підставі серії замірів концентрації, що проводяться на етапі розвідки.

Ключові слова: розповсюдження вторинної хмари, оцінка інтенсивності викиду, дисперсія оцінки.

**Постановка проблемы.** При ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом опасных химических веществ в атмосферу, важной задачей является определение необходимых средств индивидуальной защиты личного состава, работающего в эпицентре аварии, определение зон, из которых необходимо проводить эвакуацию населения и технического персонала. Для этого необходимо располагать как параметрами состояния атмосферы, так и параметрами аварии, в частности, интенсивностью выброса вещества.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работах [1, 3] определены зоны безопасного размещения сил и средств при ликвидации чрезвычайных ситуаций техногенного характера, сопровождающихся выбросом опасных химических веществ в атмосферу, а также средства индивидуальной защиты личного состава, работающего непосредственно в зоне аварии. При этом интенсивность выброса вещества предполагается известной. В [2] предложено методом наименьших квадратов оценивать интенсивность выброса на основании замеров концентрации в различных точках местности и в различные моменты времени.

**Постановка задачи и ее решение.** Целью работы является определение дисперсии оценки интенсивности выброса опасного химического вещества при

распространении вторичного облака, получаемой на основании серии замеров концентраций.

Математическое ожидание концентрации опасного химического вещества  $\bar{q}$  в точке  $(x, y, z)$  в момент времени  $t$  описывается выражением

$$\bar{q}(x, y, z, t) = E \cdot F(x, y, z, t), \quad (1)$$

где  $E$  – интенсивность выброса;  $F(x, y, z, t)$  – выражение, зависящее от состояния атмосферы, направления и скорости ветра.

Будем полагать, что наблюдаемые значения концентрации  $q_i$  представляют собой сумму выражения (1) и случайной ошибки  $\varepsilon_i$

$$q_i = E \cdot F_i + \varepsilon_i, \quad (2)$$

где ошибки  $\varepsilon_i$  некоррелированы и имеют нулевое математическое ожидание:

$$M\varepsilon_i = 0, \quad M\varepsilon_i \varepsilon_j = 0, \quad i \neq j, \quad (3)$$

Построим оценку интенсивности выброса  $E$  из условия минимума дисперсии ошибки  $\varepsilon$

$$D\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - E \cdot F_i)^2 \rightarrow \min_E; \quad (4)$$

$$\tilde{E} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i^2}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество наблюдений;  $F_i$  – расчетное значение величины  $F(x_i, y_i, z_i, t_i)$ ;  $\tilde{E}$  – оценка интенсивности выброса. В выражении (4) стоит множитель  $1/n$ , а не  $1/(n-1)$ , т.к. математическое ожидание ошибки было

принято нулевым, а не оценивалось на основании выборки, т.е. количество степеней свободы осталось равным  $n$ . Отметим, что выражение (5) совпадает с оценкой, предложенной в [2].

Полученная оценка (5) будет несмещенной ( $M$  – оператор математического ожидания):

$$M\tilde{E} = M \frac{\sum_{i=1}^n q_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i^2} = M \frac{\sum_{i=1}^n (E \cdot F_i + \varepsilon_i) F_i}{\sum_{i=1}^n F_i^2} = E \frac{\sum_{i=1}^n F_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i^2} = E, \quad (6)$$

Определим теперь дисперсию оценки

$$D\tilde{E} = M(\tilde{E} - E)^2. \quad (7)$$

Подставляя в выражение (7) оценку (5), получим

$$D\tilde{E} = M \left( \frac{\sum_{i=1}^n q_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i^2} - E \right)^2 = M \left( \frac{\sum_{i=1}^n q_i F_i - E \sum_{i=1}^n F_i^2}{\sum_{i=1}^n F_i^2} \right)^2 = M \left( \frac{\sum_{i=1}^n F_i (q_i - E \cdot F_i)}{\sum_{i=1}^n F_i^2} \right)^2. \quad (8)$$

Поскольку  $\varepsilon_i = q_i - E \cdot F_i$ , то выражение (8) преобразуется к виду

$$D\tilde{E} = M \left( \frac{\sum_{i=1}^n F_i \varepsilon_i}{\sum_{i=1}^n F_i^2} \right)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n F_i^2 M \varepsilon_i^2}{\left( \sum_{i=1}^n F_i^2 \right)^2} = D\varepsilon \frac{\sum_{i=1}^n F_i^2}{\left( \sum_{i=1}^n F_i^2 \right)^2} = \frac{D\varepsilon}{\sum_{i=1}^n F_i^2}, \quad (9)$$

где учтены свойства ошибок (3). Подставляя (4) и (5) в (9), запишем

$$D\tilde{E} = \frac{1}{n \sum_{k=1}^n F_k^2} \sum_{k=1}^n \left( q_k - F_k \frac{\sum_{i=1}^n q_i F_i}{\sum_{i=1}^n F_i^2} \right)^2. \quad (10)$$

Если дополнительно предположить нормальность распределения ошибок  $\epsilon_i$ , то из (5) будет следовать, что оценка интенсивности  $\tilde{E}$  также распределена нормально. Знание ее дисперсии  $D\tilde{E}$  позволяет построить доверительный интервал для истинного значения интенсивности выброса вещества и тем самым ответить на вопрос о количестве необходимых наблюдений для минимизации случайной составляющей погрешности оценки.

**Выводы.** Определена дисперсия оценки интенсивности выброса опасного химического вещества при распространении вторичного облака, получаемая на основании серии измерений концентрации. Контроль дисперсии оценки на этапе проведения разведки позволяет определить необходимое количество замеров концентрации, обеспечивающее построение оценки интенсивности выброса с заданным уровнем точности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. 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.