

РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ С МИНИМИЗАЦИЕЙ НЕГАТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ПОЖАРА

Чуб И.А., д.т.н., профессор, Матухно В.В. НУГЗУ

Одним из способов минимизации негативного влияния пожара на окружающую среду является оптимальное размещение пожароопасных объектов, предполагающее разработку математической модели и метода решения.

Пусть имеется некоторая замкнутая область $\Omega \subset R^2$, содержащая N объектов S_i , на каждом из которых может возникнуть пожар. В этом случае он будет являться источником загрязнения атмосферы, выбрасывающим на высоту H_i с интенсивностью M_i аэрозольные продукты горения, $i=1,2,\dots,N$. Местоположение объектов S_i в области Ω определяется вектором их параметров размещения $Z=(x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_N, y_N)$, $Z \in R^{2N}$.

Количественной характеристикой загрязнения области \mathcal{R} продуктами горения является их концентрация в точках области: $c = C(x, y, Z, G, Q)$, где G – множество физических параметров пожара $G = \{g_1, g_2, \dots, g_k\}$; Q – множество параметров, которые характеризуют природно-климатические условия в рассматриваемой области, $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_r\}$. Концентрационное поле загрязняющих выбросов пожара определялось в результате решения уравнения турбулентной диффузии с постоянными коэффициентами [1].

Задача оптимизации размещения конечного набора $S = \{S_i\}$ пожароопасных объектов, в заданной области Ω сводится к задаче размещения их зон загрязнения T_i . Зона T_i – это многоугольник R_k , построенный на розе приземного ветра [2]. Его граница Γ_k – это линия, в каждой точке которой выполняется условие: $C(x, y)|_{(x, y) \in \Gamma_k} = \max C(x, y)|_{\lambda} = C_{M|\lambda}$, где λ – заданное направление.

Постановка оптимизационной задачи размещения пожароопасных объектов в области Ω имеет следующий вид:

в заданной области Ω найти такое положение пожароопасных объектов S_i , чтобы уровень загрязнения в экологически значимых зонах K_j ($j=1,2,\dots,p$) не превышал установленного уровня, и суммарная концентрация аэрозольных выбросов пожара на границе Γ области Ω была минимальной:

$$\min_{Z \in W} \max_{(x, y) \in \Gamma} C(x, y, Z, G, Q) \quad (1)$$

При этом на местоположение объектов размещения T_i и на результирующее концентрационное поле накладывается система ограничений W , включающая геометрические и физические условия.

Геометрические ограничения: условия, определяющие взаимное расположение объектов S_i и S_j , $i \neq j$; условия принадлежности объектов S_i области размещения Ω .

Физическое ограничение: суммарная концентрация аэрозольных выбросов пожаров в заданной системе точек контроля не должно превышать ПДК.

Из-за сложности оптимизационной задачи (1) не приходится рассчитывать на возможность получения точного решения. Поэтому предлагается метод поиска рациональных решений и их перебор, в результате которого определяется локальный экстремум функции цели.

Предлагаемый метод решения оптимизационной задачи (1) состоит из следующих основных этапов:

- определение начального варианта размещения u^0 пожароопасных объектов S_i , $i = \overline{1, N}$ в области Ω . Данная задача формулируется и решается как задача поиска допустимого размещения многоугольных объектов T_i . Для решения данной задачи предлагается эвристический подход, основанный на методе последовательно-одиночного размещения [8].

- поиск вектора u^* , соответствующего локальному минимуму функции цели $F(x, y, Z, G, Q)$. Вектор u^0 начального размещения объектов T_i является начальной точкой алгоритма решения оптимизационной задачи методом минимизации по группам переменных, представляющих собой координаты полюса размещаемого объекта T_i .

Общая схема алгоритма приближения к локальному экстремуму состоит из следующих этапов:

1. По некоторому правилу определяется объект T_i , имеющий на p -ой итерации параметры размещения $u_i^p = (x_i^p, y_i^p)$.

2. Выделяются ограничения, формирующие в окрестности полюса T_i область D_i^p допустимых параметров его размещения на p -ой итерации.

3. Определяются новые параметры $u_i^{p+1} = (x_i^{p+1}, y_i^{p+1})$ размещения T_i : $(u_1^p, u_2^p, \dots, u_k^{p+1}, \dots, u_N^p) \in D_k^p$, $F(u_1^p, u_2^p, \dots, u_i^{p+1}, \dots, u_N^p) \leq F(u_1^p, u_2^p, \dots, u_i^p, \dots, u_N^p)$.

4. Если $u_i^{p+1} = u_i^p$, то $i = i + 1$. При $i \leq N$ – возврат к шагу 1.

5. Если $u^{p+1} \neq u^p$, то переходят (p+1)-й итерации. В противном случае решением задачи считаются параметры размещения объектов на p-ой итерации.

Сдвиг объекта T_i выполняется в направлении антиградиента функции $F(u)$ по параметрам размещения T_i . В этом случае конкретные алгоритмы, реализующие приведенную общую схему, могут различаться правилом определения подвижного объекта T_i и выбором величины шага его сдвига.

- перебор локальных минимумов функции цели. При этом выделяется рекордное значение функции цели и определяется соответствующий ему вектор u^{**} параметров размещения объектов.

Количество перебираемых локальных минимумов может определяться, исходя из условий и ограничений конкретной задачи.

Выводы. Использование предложенной математической модели и метода оптимального размещения пожароопасных объектов на стадиях разработки генеральных планов или планов реконструкции промышленного предприятия позволяет минимизировать негативное влияние возможного пожара и, тем самым, повысить общий уровень пожарной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чуб И.А. Оценка уровня загрязнения окружающей среды аэрозольными выбросами пожара Проблемы пожарной безопасности. Юбилейный выпуск – Харьков: АПБУ, 2003. – С. 84-94.
2. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. – Л.; Гидрометеиздат. – 1985. – 271 с.