

УДК 574.628.517

**МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
КРУПНЕЙШЕГО ГОРОДА ШУМОМ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ
РАЙОНОВ**

А.С. Беликов¹ д.т.н., проф., С.В. Нестеренко² соиск.

*¹ГВУЗ «Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры»*

²ГВУЗ «Харьковская национальная академия городского хозяйства»

Постановка проблемы. Как показывает отечественная и зарубежная практика разработка мероприятий по защите от внешнего шума территорий и размещенных на них жилых зданий связана с необходимостью проведения специальных акустических расчетов. Такие расчеты упрощаются при наличии данных о шумовом режиме в обследуемых объектах. В странах Европейского сообщества согласно Директивы 2002/49/ЕС действует долгосрочная программа, основой которой является "Составление оперативных шумовых карт" (окончание в 2012 году) и разработка "Плана мероприятий" по учету приоритетных задач по организации шумозащиты (окончание - 18 января 2004 года). В упомянутом "Плане мероприятий" основу составляют задачи по разработке методик расчета шумовых характеристик и учета влияния различных источников шума в городах с населением от 50 тыс. Человек.

Основная часть. В работе рассмотрена математическая модель шумообразования на границах промышленного района при наличии на его территории (n) количества источников шума – отдельных предприятий (см. рис. 1) излучателей прямоугольной области, размерами (a, x, b, y).

Исходя из того, что в открытом пространстве звук распространяется свободно во всех направлениях, т.е. в свободном поле. Звуковая волна переносит акустическую энергию в направлении своего движения. Средний поток звуковой энергии в единицу времени, проходящий через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звука, называется интенсивностью звука, которая определяется по формуле:

$$I = \frac{P^2}{\rho C}, \quad (1)$$

где P - среднеквадратичная величина звукового давления, н/м²;

ρ - плотность среды, кг/м³;

C - скорость распространения звука (при $t = 0^\circ\text{C}$ равна 333 м/с).

Величина ρC называется удельным акустическим сопротивлением среды.

Неравномерность излучения звука характеризуется фактором направленности Φ :

$$\Phi = \frac{P_r^2}{P_{cp}^2}, \quad (2)$$

где P_r - звуковое давление, измеренное на определённом расстоянии r от источника в заданном направлении;

P_{cp} - звуковое давление, усреднённое по всем возможным направлениям на том же расстоянии r .

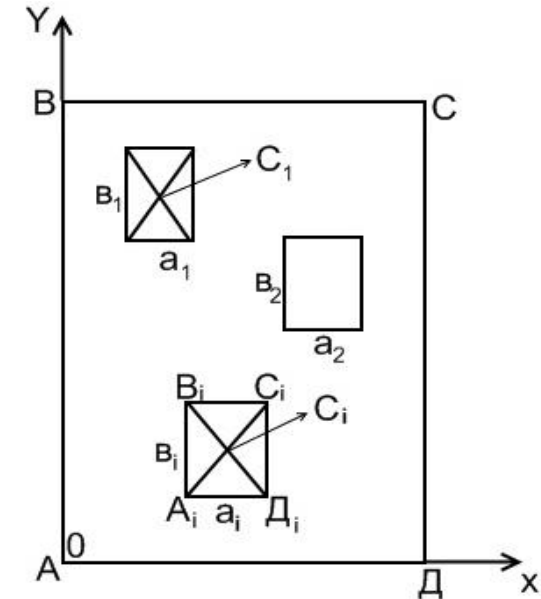


Рис. 1 Схема территории промышленного района (ABCD) с рядом промышленных предприятий (A_iB_iC_iD_i) в виде прямоугольных областей

Уровень интенсивности (силы) звука, ΔB , определяют по формуле:

$$L_1 = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (3)$$

где I_0 - интенсивность звука, соответствующая некоторому условному нулевому уровню, равному 10^{-12} Вт/м²

I_0 - интенсивность звука, соответствующая некоторому условному нулевому уровню, равному 10^{-12} Вт/м².

В плоской звуковой волне свободного звукового поля звуковое давление и интенсивность численно совпадают, что можно записать выражением (4):

$$L_1 = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} = L, \quad (4)$$

Уровень интенсивности звука по контуру (периметру) каждой прямоугольной области (L_{1i}), обозначенной на рис. 1, известен.

Введем систему координат Oxy (рис. 2).

Центры координат шумовых объектов A, B, C, D_i (отдельных промышленных предприятий) обозначим через C_i ($i=1, 2, \dots, n$).

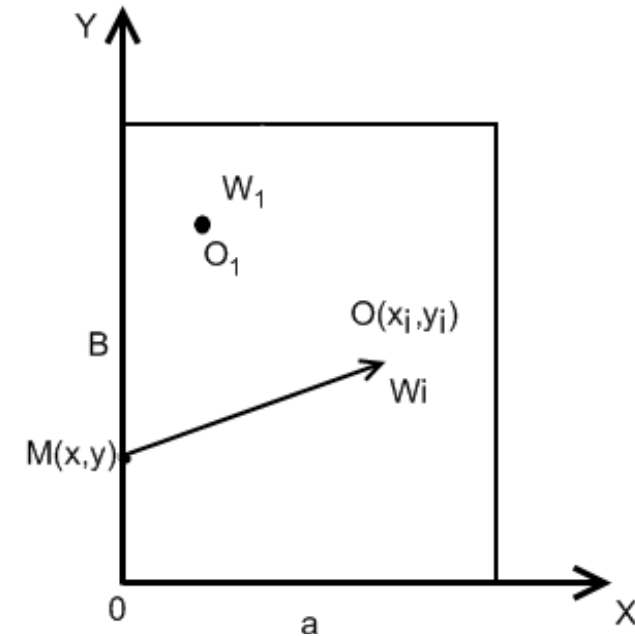


Рис. 2 Схема для определения уровня интенсивности звука на периметре территории промышленного района.

Заменяем прямоугольник A, B, C, D_i (см. рис. 1) кругом равной площади с радиусом r_i .

Тогда площадь шумовых объектов A, B, C, D_i (отдельных промышленных предприятий) соответственно будет равна площади круга ($S_{\square} = S_{\circ}$), что математически будет представлено выражением (5):

$$a_i b_i = \pi r_i^2, \quad (5)$$

Из выражения (5) находим радиус круга:

$$r_i^2 = \frac{a_i \times \theta_i}{\pi} \quad r_i = \sqrt{\frac{a_i \times \theta_i}{\pi}} \quad (6)$$

Примем, что на сторонах A_iB_i , C_iD_i уровень интенсивности звука равен L_{1bi} , а на сторонах B_iC_i , A_iD_i уровень интенсивности равен L_{1ai} .

На контуре окружности радиусом r_i уровень интенсивности звука равняется:

$$L_{ai} = \frac{L_i a_i + L_i \theta_i}{2} \quad (7)$$

Заменяем шумовые объекты точечными источниками.

Применяя формулы (2) и (3), связывающие уровень интенсивности и мощности звука, а также уровень звукового давления и интенсивности звука, определяем W_i :

$$W_i = I_i r_i^2 \Omega = 4\pi I_i r_i^2 = 4\pi r_i^2 I_0 10^{L_i/10} \quad (8)$$

Обозначим расстояние от геометрического центра каждого отдельного промышленного предприятия (см. рис. 2) до расчетного контура промышленного района. $MO_i = \eta_i(x, y)$ через η_i , которое определяем из выражения (9):

$$\eta_i(x, y) = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \quad (9)$$

Тогда интенсивность звука $I_M(x, y)$ в точке $M(x, y)$:

$$I_M(x, y) = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{4\pi \eta_i^2} = \sum_{i=1}^n 4\pi r_i^2 I_0 10^{L_i} \quad (10)$$

Уровень интенсивности звука $L_{1M}(x, y)$ в точке M будет

$$L_{1M}(x, y) = 10 \lg \frac{I_M(x, y)}{I_0} \quad (11)$$

Тогда интенсивность звука $I_M(x, y)$ в точке $M(x, y)$:

$$L_M(x, y) = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{4\pi \eta_i^2} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{4\pi \eta_i^2} \times 4\pi r_i^2 I_0 10^{L_i/10} \right) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{r_i^2}{\eta_i^2} I_0 10^{L_i/10} \right) \quad (12)$$

Уровень интенсивности звука $L_{1M}(x, y)$ в точке $M(x, y)$ будет

$$L_{LM}(x, y) = 10 \lg \frac{I_T(x, y)}{I_0} = 10 \lg \sum_{i=1}^n \left(\frac{r_i}{\eta_i} \right)^2 10^{L_{ni}/10} = \quad (13)$$

$$= 10 \lg \left[\left(\frac{r_1}{\eta_1} \right)^2 10^{L_{n1}/10} + \left(\frac{r_2}{\eta_2} \right)^2 10^{L_{n2}/10} + \dots + \left(\frac{r_n}{\eta_n} \right)^2 10^{L_{nn}/10} \right]$$

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Приведенная выше модель может быть реализована при различных граничных условиях и разных направлениях изысканий.

Рассмотрим один из путей применения данной модели. Звуковые мощности отдельных промышленных предприятий W_i , мало отличаются. Т.е. мало отличаются и уровни интенсивности звука L_{1i} ($i=1, 2, \dots, n$), следовательно, можно заменить L_{1i} на L_{1c} т.е. среднее арифметическое уровней интенсивности звука отдельных промышленных предприятий.

Тогда

$$L_{LM}(x, y) = 10 \lg 10^{L_{1c}/10} + 10 \lg \sum_{i=1}^n \left(\frac{r_i}{\eta_i} \right)^2 = L_{1c} + 10 \lg \sum_{i=1}^n \left(\frac{r_i}{\eta_i} \right)^2 \quad (14)$$

Где: r_i - приведенный радиус предприятия прямоугольной формы, который согласно (8) равен $\sqrt{\frac{a_i \times b_i}{\pi}}$, м;

η_i - расстояние от геометрического центра каждого отдельного промышленного предприятия до расчетного контура промышленного района.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлюк Е.П. Основы градостроительной акустики. Часть I-III/ Днепропетровск, ПГАСА, 1999г., 438 с., ил.
2. Саньков П.М., Головинов Г.Г., Тархова О.В. Нові аспекти вирішення проблеми забруднення довкілля залізничним транспортом у світлі вимог Закону України "Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000 – 2015 роки" в умовах сталого розвитку // Вісник АМСУ. – № 2. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 109 – 113.
3. Самойлюк Е.П., Саньков П.Н., Маковецкий Б.И., Трошин М.Ю., Тархова Е.В., Ткач Н.А. Экологический мониторинг и шумовое загрязнение урбанизированных территорий // Наука і освіта/ Збірка доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ, 7-21 лютого 2005.
4. Денисенко В.И. Архитектурно-планировочные мероприятия по защите жилых территорий от транспортного шума: Дис. ... канд.техн.наук. – Днепропетровск, 1984. -230с.
5. Саньков П.Н. Обеспечение акустической безопасности территорий и объектов, прилегающих к железным дорогам: Дис. ... канд.техн.наук. – Днепропетровск, 1988. -216с.