

Влияние метеорологических параметров на дальность распространения акустического шума в селитебных зонах

И.Н. Кириллов, В.В. Булкин

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета 602264, Муром, ул. Орловская, 23. E-mail: dedvanya@mail.ru

Проводится анализ возможного изменения коэффициента затухания сигнала для различных частот при изменении основных метеопараметров: температуры окружающей среды, влажности воздуха и атмосферного давления. Результаты моделирования представлены в виде графиков. Показано, что наибольшее влияние на затухание оказывает изменение температуры: на краях температурного диапазона 30... -20°C величина затухания может увеличиваться от 30 дБ/км до 200 дБ/км.

The analysis of possible changes in the coefficient of attenuation for different frequencies when the basic meteorological parameters: ambient temperature, humidity and atmospheric pressure. The simulation results are presented in the form of graphs. It is shown that the greatest effect on the attenuation of the temperature change has: at the edges of the range of 30 to -20°C, the magnitude of damping can be increased by 30 dB/km to 200 dB/km.

Контроль акустического шума на селитебных территориях подразумевает организацию постоянного мониторинга, а, следовательно, и разработку методов и средств наблюдения, обеспечивающих проведение измерений и прогнозирования с достаточной точностью. Представляется, что такая задача имеет две составляющих, заключающихся в обеспечении высокой точности и оперативности контроля характерных для данной зоны акустических шумов, и в получении данных сопутствующего характера (характеризующих обстановку в зоне контроля) для выработки прогноза распространения этого шума вглубь жилой зоны.

В докладе проводится анализ возможного изменения коэффициента затухания сигнала на различных частотах при изменении основных метеопараметров селитебной территории: температуры окружающей среды, влажности воздуха и атмосферного давления.

Для оценки возможного влияния метеопараметров на дальность распространения акустических сигналов было выполнено математическое моделирование. При моделировании возможного влияния некоторых метеорологических параметров на распространение звука в среде, рассматривались три основных параметра, не зависящие от особенностей ландшафта местности. Расчёт проводился без учёта влияния стационарных параметров среды (экраны, поглотители и пр.), а так же без учёта влияния вектора параметров ветра \vec{V}_n . Результаты расчётов представляются в графическом виде.

Известно, что затухание звука чистого тона характеризуется: затуханием из-за геометрической дивергенции (из-за расхождения энергии при излучении в свободное пространство) A_{div} ; затуханием из-за звукопоглощения атмосферой A_{atm} ; затуханием из-за влияния земли A_{gr} ; затуханием из-за экранирования A_{bar} ; затуханием из-за влияния прочих эффектов A_{misc}

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} . \quad (1)$$

Затухание из-за звукопоглощения в атмосфере на расстоянии d от источника шума определяют по формуле

$$A_{atm} = \frac{\alpha d}{1000} . \quad (2)$$

Коэффициент затухания в атмосфере α определяется по формуле

$$\alpha = 8,686 \cdot f^2 \left(\left[1,84 \cdot 10^{-11} \left(\frac{P_a}{P_r} \right)^{-1} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{\frac{1}{2}} \right] + \left(\frac{T}{T_0} \right)^{-\frac{5}{2}} \cdot \left\{ 0,01275 \left[\exp \left(\frac{-2239,1}{T} \right) \right] \left[f_{rO} + \left(\frac{f^2}{f_{rO}} \right)^{-1} \right] + 0,1068 \left[\exp \left(\frac{-3352,0}{T} \right) \right] \left[f_{rN} + \left(\frac{f^2}{f_{rN}} \right)^{-1} \right] \right\} \right), \quad (3)$$

где f – частота звука, Гц;

f_m - среднегеометрическая частота;

$P_r = 101,325$ кПа – эталонное (стандартное) атмосферное давление;

P_a – атмосферное давление, кПа;

T – температура воздуха, К;

$T_0 = 293,15$ К - эталонная температура воздуха;

f_r – релаксационная частота, Гц;

O и N – индексы, обозначающие, соответственно, кислород и азот.

Исходя из формул (1-3) коэффициент затухания звука в атмосфере можно выразить в виде:

$$\alpha = \Phi_n(\vec{I}_n, \vec{T}_n, \vec{H}_n, \vec{P}_n, \vec{V}_n) + S, \quad (4)$$

где $\Phi_n(\vec{I}_n, \vec{T}_n, \vec{H}_n, \vec{P}_n, \vec{V}_n)$ – фактор коэффициента затухания звука в атмосфере;

\vec{I}_n – вектор параметров звука,

$\vec{I}_n = \{f, U\}$, U – амплитуда (мощность) сигнала;

\vec{T}_n – вектор параметра температуры воздуха;

\vec{H}_n – вектор параметра влажности воздуха;

\vec{P}_n – вектор параметра атмосферного давления;

$\vec{V}_n = \{N, C\}$, N – направление ветра, C – скорость ветра;

S – шероховатость поверхности (особенности местности, здания, растительные насаждения).

Для выявления степени влияния того или иного параметра на распространение звука в атмосфере, проведём моделирование по следующим условиям:

1) функции зависимостей коэффициента затухания звука от температуры воздуха, влажности и атмосферного давления имеют вид:

$$\alpha_t = \Phi_n(\vec{I}_n, \vec{T}_n),$$

$$\alpha_H = \Phi_n(\vec{I}_n, \vec{H}_n),$$

$$\alpha_P = \Phi_n(\vec{I}_n, \vec{P}_n).$$

2) для выделения влияния параметров температуры воздуха, влажности и атмосферного давления на коэффициент затухания, параметры \vec{T}_n , \vec{H}_n и \vec{P}_n будем принимать равными константам, которые соответствуют параметрам состояния среды при стандартных климатических условиях ($T_n = 20$ °С, $H_n = 60\%$, $P_n = 760$ мм.рт.ст.). Анализируемый показатель будет иметь заданный диапазон изменения. Кроме того, примем для всех случаев $V_n = 0$, $S=0$. Характеристика вектора параметров звука \vec{I}_n принимает значения f в диапазоне от 10 до 10000 Гц.

Результаты моделирования представлены в графическом виде на рис. 1-3.

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что вектор параметра \vec{T}_n (рис.1.) в наибольшей степени влияет на распространения звука в атмосфере. Например, при изменении температуры в пределах от -20 °С до +30 °С, что является естественной нормой сезонного колебания температуры окружающей среды для

нашего климата, вариация коэффициента затухания звука α_t на краю диапазона f , на частоте 10000 Гц может составлять от 30 до 200 дБ/км. При этом видно, что зависимость нелинейная, наблюдается сильный излом поверхности, увеличивающийся с возрастанием частоты.

При анализе влияния величины влажности воздуха \vec{H}_n выбираем значения, равные естественной норме сезонной девиации относительной влажности окружающей среды, характерные для умеренно-континентального климата (от 50% до 100%).

На графике (рис.2) наблюдается небольшой изгиб поверхности, наибольшее значение которого соответствует максимальной частоте звука. Вариация коэффициента затухания звука α_H от изменения относительной влажности атмосферного воздуха на частоте 10 кГц может составлять от 80 до 150 дБ/км.

Аналогично проводим анализ влияния изменения параметра атмосферного давления \vec{P}_n на коэффициент затухания α_P (рис.3).

Из рисунка видно, что атмосферное давление в наименьшей степени влияет на изменение коэффициента затухания. Поверхность практически не имеет излома, так же с ростом частоты звука наблюдается возрастание коэффициента затухания.

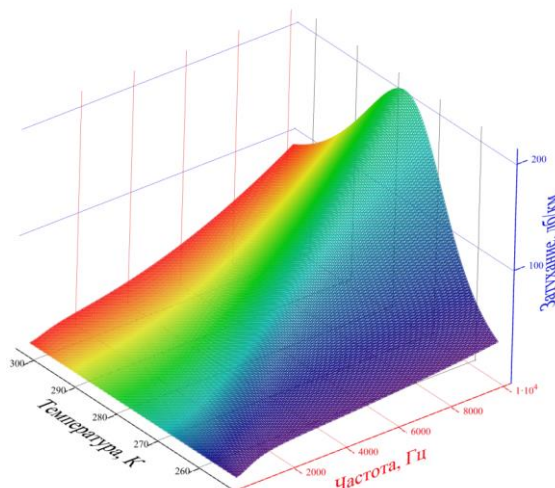


Рис. 1. Зависимость коэффициента затухания от величины температуры

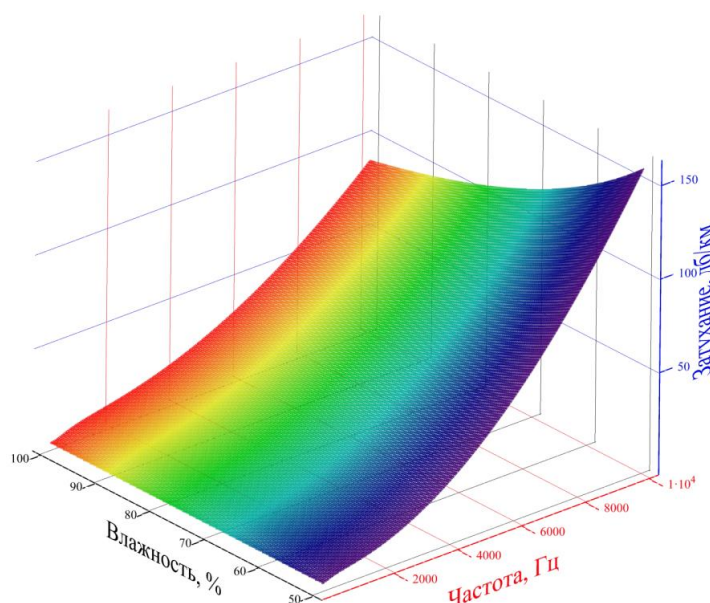


Рис. 2. Зависимость коэффициента затухания от величины влажности воздуха

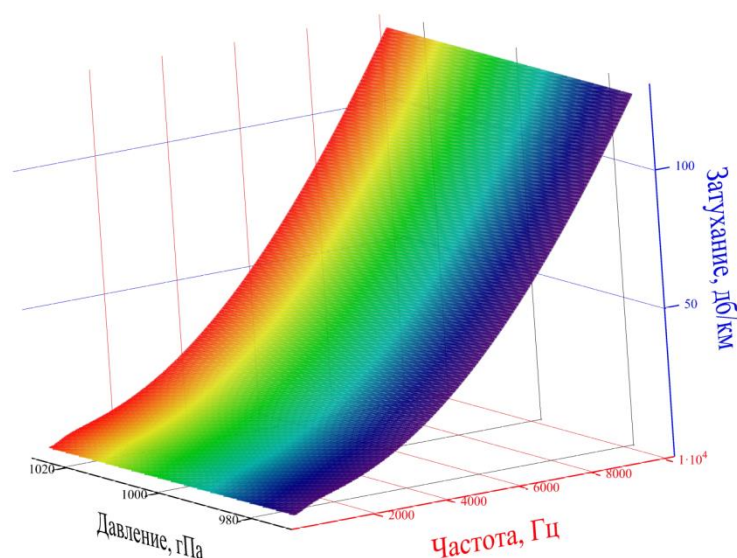


Рис. 3. Зависимость коэффициента затухания от величины атмосферного давления

Выводы

Проведённые расчёты и моделирование показывают, что уровень влияния основных метеорологических параметров на возможность распространения акустического шума вглубь селитебных территорий различен. Наибольшую зависимость изменение коэффициента затухания имеет от величины температуры окружающей среды. Так, изменение температуры от $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является естественной нормой сезонного колебания температуры окружающей среды для средней полосы, приводит к вариациям коэффициента затухания звука на частоте 10 кГц от 30 дБ/км до 200 дБ/км. При этом видно, что зависимость нелинейная, наблюдается сильный излом поверхности, увеличивающийся с возрастанием частоты.

Учёт выявленных особенностей изменения коэффициента затухания при проведении практических работ по мониторингу шумовых загрязнений позволит повысить точность прогнозирования распространения шума вглубь селитебных территорий.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-08-00186