

УДК 534.8.001.5

Н. И. Иванов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология и БЖД»

Д. А. Куклин, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и БЖД»

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»

им. Д. Ф. Устинова

Н. Н. Минина, доктор технических наук, генеральный директор

ЗАО «Институт «Трансэкопроект»

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ОТ ЛИНЕЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В статье рассматриваются особенности процессов распространения звука в свободном пространстве от линейных источников. Выявляются закономерности снижения шума в зависимости от вида источника, которые могут использоваться в практических расчетах.

Ключевые слова: датчик линейных перемещений конечной длины, расхождение, звуковая волна, сферическое разложение, начальный радиус.

В нормативной литературе [1] рассматриваются два предельных случая распространения звука в свободном пространстве:

– источник звука аппроксимируется точечным излучателем (снижение звука с удвоением расстояния, связанное с дивергенцией, составляет 6 дБ);

– условно бесконечный линейный источник (при удвоении расстояния снижение звука составляет 3 дБ).

Для линейного излучателя конечной длины R (железнодорожный состав, автотранспортный поток и др.) снижение шума в зависимости от расстояния от источника шума (ИШ) до расчетной точки (РТ), а также длины линейного источника при удвоении расстояния может быть 3–4 дБ [2], т. е. неучет этого явления может привести к заметным ошибкам при расчетах.

Шум в РТ от линейного излучателя длиной l на расстоянии R определяется, дБ:

$$L_{PT} = L + 10 \lg \arctg \frac{l}{2R} - 10 \lg \frac{R}{r_0} - 10 \lg \arctg \frac{l}{2r_0},$$

где L – уровни звукового давления, измеренного на расстоянии $r_0 = 7,5$ м (автотранспортный поток); $r_0 = 25$ м (подвижной состав железнодорожного транспорта), $r_0 = 15$ м (стройплощадки).

Выражение $10 \lg \arctg \frac{l}{2R} - 10 \lg \arctg \frac{l}{2r_0}$ (где l –

длина линейного источника; R – расстояние от линейного источника шума до Р; r_0 – опорный радиус) показывает поправку в дБ к значению дивергенции для бесконечного линейного излучателя, равную $10 \lg \frac{R}{r_0}$, в зависимости от длины l и расстояния R .

Вычисленные значения поправок приведены в таблице и показаны на графиках (рис. 1 и 2). Анализ полученных данных позволяет различать три области поправок, показывающих:

– сферическое расширение;

– квазицилиндрическое расширение;

– цилиндрическое расширение.

В первом случае к значению дивергенции для бесконечного излучателя, равной $10 \lg \frac{R}{r_0}$, добавляется

поправка – 3 дБ на каждое удвоение расстояния, т. е. работает закон дивергенции для сферической звуковой волны – т. е. 6 дБ при удвоении расстояния. Во втором случае поправка составляет от 1 до 2 дБ на каждое удвоение расстояния, т. е. работает закон дивергенции для квазицилиндрической звуковой волны, т. е. 4–5 дБ на каждое удвоение расстояния. В третьем случае поправка на удвоение расстояния близка к 0, т. е. работает закон дивергенции для цилиндрической звуковой волны – 3 дБ на каждое удвоение расстояния. Эти закономерности показаны в таблице.

Отметим некоторые закономерности для автотранспортных потоков. Если рассматривать источник шума длиной 2000 и более м (характерный размер для таких ИШ), то дивергенция для источника цилиндрической звуковой волны сохраняется до расстояний $200 \text{ м} < R \leq 1000 \text{ м}$: здесь поправка составляет 1–2 дБ (рис. 1).

Для стройплощадок отмечены другие закономерности (рис. 2). Небольшие стройплощадки длиной до 100 м имеют сферический характер звуковой волны начиная с расстояния 200 м, квазицилиндрическая звуковая волна на расстоянии 30–100 м, поправка 1–2 дБ на каждое удвоение расстояния. Для длинных стройплощадок 500 м на расстояниях до 50 м – поправка близкая к 0 (цилиндрическая звуковая волна), на расстоянии 100–500 м – квазицилиндрическая звуковая волна (поправка 1–3 дБ на удвоение расстояния) [3].

Сравнение данных с разным опорным радиусом (r_0) показывает, что для двух рассматриваемых практических случаев ($r_0 = 7,5 \text{ м}$ и $r_0 = 15 \text{ м}$) разница в полученных значениях поправок невелика.

Полученные графики (рис. 1 и 2) могут быть использованы в практических расчетах.

Вычисленные значения поправок

Вычисляемые значения	Длина источника l	Поправки, дБ, для расстояний R												Примечание: характер поправок
		7,5	15	30	50	100	200	400	500	600	800	1000	2000	
arctg($l/2R$)	15	0,79	0,46	0,24	0,15	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	-
	50	1,28	1,03	0,69	0,46	0,24	0,12	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	
	100	1,42	1,28	1,03	0,79	0,46	0,24	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,02	
	200	1,50	1,42	1,28	1,11	0,79	0,46	0,24	0,20	0,17	0,12	0,10	0,05	
	500	1,54	1,51	1,45	1,37	1,19	0,90	0,56	0,46	0,39	0,30	0,24	0,12	
	1000	1,56	1,54	1,51	1,47	1,37	1,19	0,90	0,79	0,69	0,56	0,46	0,24	
	2000	1,56	1,56	1,54	1,52	1,47	1,37	1,19	1,11	1,03	0,90	0,79	0,46	
10lgarctg($l/2R$)	15	-1,05	-3,34	-6,11	-8,27	-11,26	-14,26	-17,27	-18,24	-19,03	-20,28	-21,25	-24,26	-
	50	1,07	0,13	-1,58	-3,34	-6,11	-9,05	-12,05	-13,01	-13,80	-15,05	-16,02	-19,03	
	100	1,53	1,07	0,13	-1,05	-3,34	-6,11	-9,05	-10,01	-10,80	-12,05	-13,01	-16,02	
	200	1,75	1,53	1,07	0,44	-1,05	-3,34	-6,11	-7,05	-7,82	-9,05	-10,01	-13,01	
	500	1,88	1,79	1,62	1,38	0,76	-0,48	-2,53	-3,34	-4,04	-5,19	-6,11	-9,05	
	1000	1,92	1,88	1,79	1,68	1,38	0,76	-0,48	-1,05	-1,58	-2,53	-3,34	-6,11	
	2000	1,94	1,92	1,88	1,82	1,68	1,38	0,76	0,44	0,13	-0,48	-1,05	-3,34	
10lgarctg($l/2R$) - 10lgarctg($l/15$)	15	0,00	-2,29	-5,06	-7,22	-10,21	-13,21	-16,22	-17,19	-17,98	-19,23	-20,20	-23,21	Сферическое расширение
	50	0,00	-0,94	-2,65	-4,41	-7,18	-10,12	-13,12	-14,08	-14,87	-16,12	-17,09	-20,10	
	100	0,00	-0,46	-1,40	-2,58	-4,87	-7,64	-10,58	-11,54	-12,33	-13,58	-14,54	-17,55	Квазицилиндрическое расширение
	200	0,00	-0,22	-0,68	-1,31	-2,80	-5,09	-7,86	-8,80	-9,57	-10,80	-11,76	-14,76	
	500	0,00	-0,09	-0,26	-0,50	-1,12	-2,35	-4,41	-5,22	-5,91	-7,06	-7,99	-10,93	Цилиндрическое расширение
	1000	0,00	-0,04	-0,13	-0,24	-0,54	-1,16	-2,40	-2,97	-3,50	-4,45	-5,26	-8,03	
	2000	0,00	-0,02	-0,06	-0,12	-0,26	-0,56	-1,18	-1,50	-1,81	-2,42	-2,99	-5,28	
10lgarctg($l/2R$) - 10lgarctg($l/30$)	15		0,00	-2,77	-4,93	-7,92	-10,92	-13,93	-14,90	-15,69	-16,94	-17,91	-20,92	Сферическое расширение
	50		0,00	-1,71	-3,47	-6,24	-9,18	-12,18	-13,14	-13,93	-15,18	-16,15	-19,16	
	100		0,00	-0,94	-2,12	-4,41	-7,18	-10,12	-11,08	-11,87	-13,12	-14,08	-17,09	Квазицилиндрическое расширение
	200		0,00	-0,46	-1,09	-2,58	-4,87	-7,64	-8,58	-9,35	-10,58	-11,54	-14,54	
	500		0,00	-0,17	-0,41	-1,04	-2,27	-4,32	-5,13	-5,83	-6,98	-7,90	-10,85	Цилиндрическое расширение
	1000		0,00	-0,09	-0,20	-0,50	-1,12	-2,35	-2,93	-3,46	-4,41	-5,22	-7,99	
	2000		0,00	-0,04	-0,10	-0,24	-0,54	-1,16	-1,48	-1,79	-2,40	-2,97	-5,26	

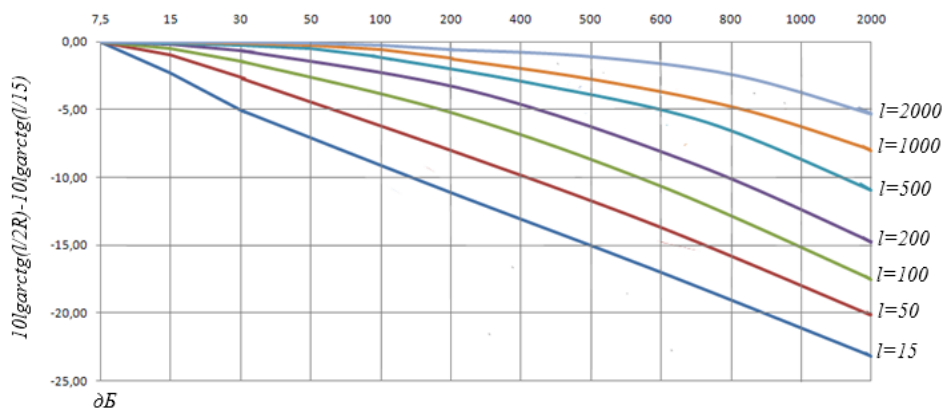


Рис. 1. Поправки на характер звукового поля линейного излучателя для автодорожных потоков ($r_0 = 7,5$)

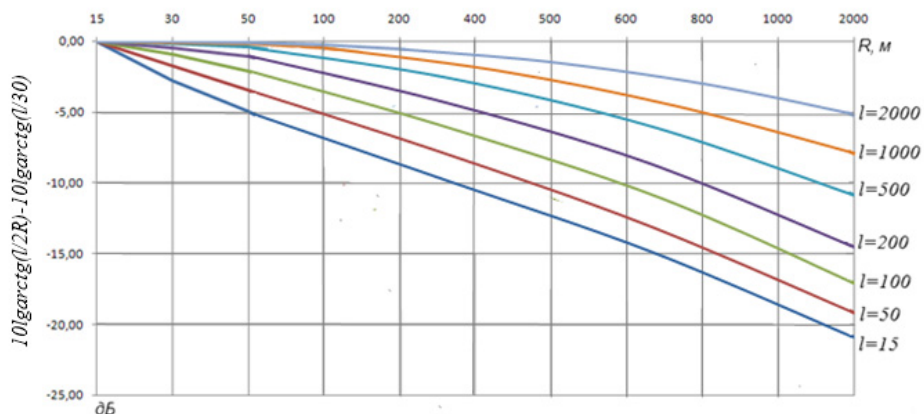


Рис. 2. Поправки на характер звукового поля линейного излучателя для строительных площадок ($r_0 = 15$)

Библиографические ссылки

1. Строительные нормы и правила СНиП 23-03-2003. – М., 2011.
2. Буторина М. В., Иванов Н. И., Куклин Д. А., Матвеев П. В. Снижение шума железнодорожного транспорта // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 12. – С. 1–23.
3. Минина Н. Н. Проблема снижения акустического воздействия на жилую застройку при проектировании, строительстве и функционировании транспортных сооружений : автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 01.04.06. – СПб., 2012. – 48 с.

* * *

Ivanov N. I., DSc in Engineering, Professor, Baltic State Technical University “Voenmeh” named after D.F. Ustinov;
Kuklin D. A., PhD in Engineering, Associate Professor, Baltic State Technical University “Voenmeh” named after D.F. Ustinov;
Minina N. N., Doctor of Engineering, General Director, «Institute «Transecoproject» CJSC

Theoretical investigation of sound attenuation from linear sources in the open field

The features of sound attenuation from linear sources in the open field are examined. The regularities of noise reduction depending on the type of source that can be used in practical calculations are studied.

Keywords: linear transducer of finite length, divergence, cylindrical sound wave, spherical expansion, reference radius.

Получено: 06.07.15