VII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «ЗАЩИТА ОТ ШУМА И ВИБРАЦИИ»
19-21 марта
Санкт-Петербург

УДК 628.517.2
OECD 01.06.GU ECOLOG

Вопросы применения СП 276.1325800.2016 для оценки шумового воздействия от движения транспорта

Иванов А.В.[1*], Никифоров А.В.[1], Кузьмицкий А.М.[1]
[1]ООО «ТЕХНОПРОЕКТ», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

Выполнен краткий обзор отдельных разделов действующего свода правил СП 276.1325800.2016, регламентирующего правила проектирования защиты от шума транспортных потоков. Обозначены актуальные вопросы и имеющиеся неопределенности по основным этапам акустического расчета, связанные с определением шумовых характеристик потоков различных видов транспорта, с прогнозированием распространения транспортного шума на местности с учетом факторов, влияющих на его величину, а также с несогласованностью некоторых положений различных нормативных документов, применяемых для оценки транспортного шума. Для отдельных рассмотренных проблем авторами статьи предложены возможные варианты решения имеющихся недостатков и необходимой коррекции расчетных зависимостей в актуальной документации.

Ключевые слова: транспортный поток, шум, акустический расчёт.

Questions of application SP 276.1325800.2016 for evaluation impact from traffic noise

Ivanov A.V.[1], Nikiforov A.V.[1], Kuzmitsky A.M.[1]*
[1]OOO "TECHNOPROJECT", Saint-Petersburg, Russia

Abstract

A brief overview of the individual sections of the current set of rules SP 276.1325800.2016, regulating the rules for designing protection against traffic flow noise, has been completed. Topical issues and current uncertainties are identified for the main stages of acoustic calculation, related to determining the noise characteristics of various types of transport streams, predicting the propagation of traffic noise on the ground, taking into account factors affecting its magnitude, as well as inconsistencies in some provisions of various regulatory documents used for traffic noise estimates. For individual problems considered, the authors of the article proposed possible solutions to the existing shortcomings and the necessary correction of the calculated dependencies in the current documentation.

Key words: *traffic flow, noise, acoustic calculation.*

Введение

Основным нормативным документом для расчета транспортного шума в России в настоящее время является СП 276.1325800.2016 [1] (введен в действие с 4 июня 2017 г.). В этом документе изложены методы расчета шумовых характеристик потоков транспорта, методы оценки и прогнозирования распределения уровней транспортного шума на территориях и в помещениях, методы составления оперативных карт шума отдельных территорий (населенного пункта в целом) и правила разработки рекомендаций по проектированию мероприятий по защите от шума.

В СССР первый период активного развития науки и практики, связанной с оценкой и способами защиты от шума транспорта, пришелся на 70-90-е года прошлого

[*]*Автор корреспондент: sales@noiseview.ru (Иванов А.В.)*

века [2]-[8]. В актуальном документе [1] нашли отражение, как базовые подходы советской научной школы, так и результаты современных исследований, проводимых в последнее десятилетие.

Рассмотрим некоторые актуальные вопросы применения рассматриваемого документа, связанные с описанием основных параметров акустического расчета транспортного шума.

1. Расчет шумовой характеристики транспортного потока

1.1. Эквивалентный уровень звука автотранспортного потока

На стадии проекта детальной планировки района (микрорайона) шумовая характеристика транспортного потока (ШХТП) в виде эквивалентного уровня звука на расстоянии 7,5м от оси ближней полосы определяется по формулам (1) - (4) [1]:

$$L_{A\text{экв}7.5} = L_{A\text{тр.п}} + \Delta L_{\text{Агруз}} + \Delta L_{\text{Аск}} + \Delta L_{\text{Аук}} + \Delta L_{\text{Апок}} + \Delta L_{\text{Арп}} + \Delta L_{\text{Апер}};$$

$$L_{A\text{тр.п}} = 50 + 8{,}8\,\lg N_{\text{дн./н.}},\ N_{\text{дн}} = 0{,}076 N_{\text{сут}},\ N_{\text{н}} = 0{,}039 N_{\text{сут}},$$

с учетом интенсивности движения в час пик день/ночь $N_{\text{дн./н.}}$ (ед/ч), вычисляемой в зависимости от среднегодовой суточной интенсивности $N_{\text{сут}}$ (ед/сут), и коррекций на долю грузовых машин $\Delta L_{\text{Агруз}}$, на скорость $\Delta L_{\text{Аск}}$, уклон $\Delta L_{\text{Аук}}$, тип покрытия $\Delta L_{\text{Апок}}$, ширину разделительной полосы $\Delta L_{\text{Арп}}$ и наличие перекрестков $\Delta L_{\text{Апер}}$. Коррекции определяются по таблицам 6.2-6.7 [1].

Для стадии ТЭО или разработки генплана города – по табл. 6.1[1] в зависимости от категории дороги и числа полос или по формуле (7) [1]:

$$L_{A\text{экв}} = 9{,}51\lg N + 12{,}64\lg V + 7{,}98\lg(1+p) + 11{,}39,$$

в зависимости от интенсивности движения N (ед/ч), скорости V(км/ч) и доли грузовых машин в потоке p (%).

В таблице 10[1] приведены спектральные поправки для разложения эквивалентного уровня звука по октавным полосам частот (63-8000 Гц).

Расчет ШХТП в целом не представляет особой сложности. Формулы (1) - (4) [1] для расчета ШХТП аналогичны использованным ранее в [11].

В табл. 6.2[1], также как и в табл. 6.2[11] осталась неопределенность, какое значение коррекции $\Delta L_{\text{Агруз}}$ принимать при интервале от 61 до 64 % доли грузовых машин в потоке. Ряд вопросов вызывает описание и применение коррекции для нерегулируемого пересечения $\Delta L_{\text{Апер}}$, которая в рассматриваемом документе определяется по некорректно переведенной на русский язык методике из [17]. В п. 6.2.12[1] отсутствует формула для расчета параметра $\Delta L_{\text{Апер}}$ в явном виде для случая нерегулируемого пересечения. Непосредственное использование в расчетах ф-лы (5) [1]

$$L_{\text{Аэкв_РТ}} = L_{I-I} + [L_{II-II} - (3.0 + 0.1x)]$$

приводит к существенно завышенным ошибочным результатам (в ф-ле приведено арифметическое суммирование, а должно быть энергетическое). В первоисточнике (стр. 58, п.2.1.7 в [17]) первый знак «+» перед скобками был в кружке, что в [17] означало энергетическое суммирование.

Также не указана область применения ф-лы (5) [1] – согласно [17] она используется для расчета пересечений улиц типа «U» (2-х сторонняя плотная застройка домами). Параметр x - должно быть расстояние от расчетной точки до угла фасада у перекрестка (см. рис. 3.4 [17]). Отсутствуют ссылки, по каким формулам вычисляются значения $L_{I\text{-}I}$ и $L_{II\text{-}II}$.

Учитывая имеющиеся вопросы и ограничения в области применения, предлагается уточнить описание коррекции $\Delta L_{Апер}$ в п.6.2.12[1], указав, что для случая нерегулируемого пересечения коррекция $\Delta L_{Апер}$ в явном виде не определяется, а учет пересечения выражается в энергетическом суммировании уровней шума в расчетной точке от воздействия прилегающей дороги и участка пересекающей дороги.

1.2. Максимальный уровень звука автотранспортного потока

Максимальный уровень звука на расстоянии 7,5м от оси ближней полосы принимается согласно ГОСТ 42.51, при скорости движения V = 50 км/ч на расстоянии 7,5м:

– для потока легковых автомобилей $L_{Амакс50}$ = 74 дБА;

– при наличии в потоке грузовых автомобилей и/или автобусов $L_{Амакс50}$ = 80 дБА.

Коррекция на скорость V (км/ч) - по ф-ле (6) [1]:

$$L_{АмаксV} = L_{Амакс50} + 32\ \lg\left(V/50\right).$$

1.3. Эпизодические проезды отдельных автомобилей

Для эпизодических проездов машин рекомендуется оценка шумовой характеристики только по максимальному уровню звука $L_{Амакс50}$ = 74 (80) дБА, соответственно для проезда легковых (грузовых) машин, с коррекцией на скорость движения по ф-ле (6) [1].

При расчете максимальных уровней шума для эпизодических проездов машин использование формулы для коррекции на скорость может привести к занижению расчетных уровней шума при фактически малых скоростях движения на местных проездах, поэтому необходимо при последующей актуализации документа обозначить пределы применимости ф-лы (6)[1].

1.4. Шумовые характеристики других видов транспорта

Шумовые характеристики проезда троллейбусов, трамваев, железнодорожных поездов, открытых линий метрополитена и водных судов назначаются согласно рекомендациям в п.6.3-6.7 [1].

ШХТП потоков троллейбусов принимают по таблицам 6.9-6.11[1] с учетом модели транспортного средства, интенсивности движения, числа полос и скорости движения.

ШХТП потоков трамваев принимают по таблице 6.13[1] с учетом интенсивности движения и типа верхнего строения пути.

ШХТП потоков железнодорожных поездов рассчитывают по формулам (13)-(26)[1], с учетом коррекций на тип пути, наличие криволинейных участков и мостов (таблицы 6.15-6.17[1]), в целом аналогично методике, приведенной в ГОСТ33325 [14].

Имеются некоторые расхождения между [1] и [14] в отдельных позициях расчета потоков железнодорожных поездов. Отличаются состав корректирующих поправок к шумовой характеристике (в [1] их три, а в [14] – пять), радиус кривизны для коррекции на прохождение кривых участков (в [1] $\Delta L_{кр}$ = 3 дБА при радиусе от 300 до 500м, а в [14] – от 300 до 650м), коррекция на тип моста (в [1] армированный бетонный мост с балластным слоем и подбалластным матом $\Delta L_{мост}$ = 0 дБА, а в [14] армированный бетонный мост с балластным слоем $\Delta L_{мост}$ = 3 дБА). Расчетные формулы (19)-(22)[1] для максимального уровня звука отличаются от формул (8)-(11)[14] составом формул и коэффициентами. В п.6.5.9 имеется ограничение в величине максимального уровня звука (если расчетные L_{Amax} превышают $L_{Аэкв}$ более чем на 15 дБА, то $L_{Amax} = L_{Аэкв}$ + 15), которое отсутствует в [14]. Принимаемое значение максимального уровня звука за время оценки (п.6.5.12, ф-лы (24) и (25)[1]) отличается от указаний п.6.2 ф-ла (12)[14]. Для устранения указанных

различий необходимо при последующей актуализации документов согласовать методики расчета по [1] и [14].

ШХТП потоков открытых линий метрополитена рассчитывают по формулам (27)-(29)[1] с учетом интенсивности *N*, скорости *v* и длины поезда *l*. В формулах (27) и (28) [1] имеются опечатки, существенно завышающие эквивалентные уровни звука и занижающие максимальные уровни звука.

Для формулы (27) [1] для расчета эквивалентного уровня звука

$$L_{\text{А экв}} = 101 \lg (N) + 24{,}91 \lg (\nu) + 101 \lg(l / R_0) + 2,$$

корректный вариант будет

$$L_{\text{А экв}} = 10 \lg (N) + 24{,}9 \lg (\nu) + 10 \lg(l / R_0) +2,$$

аналогично ф-ле (3.60) СП23-104[15].

Для формулы (28) [1] для расчета эквивалентного уровня звука

$$L_{A\max} = 35\lg(N) + 10\lg\left(\frac{arctg\left(l/2R_0\right)}{R_0}\right) + 27{,}7\ ,$$

корректный вариант будет

$$L_{A\max} = 35\lg(v) + 10\lg\left(\frac{arctg\left(l/2R_0\right)}{R_0}\right) + 27{,}7\ ,$$

аналогично ф-ле (3.64) [15].

ШХТП потоков водных судов принимают по таблице 6.20[1] с учетом типа судна и интенсивности движения.

Для указанных видов транспорта в документе [1] имеются таблицы для разложения эквивалентных уровней шума по октавным полосам частот (63-8000 Гц).

2. Состав формулы для вычисления уровней звука в расчетной точке

Эквивалентные уровни звука определяются по ф-ле (31) [1]:

$$L_{A\text{эквРТ}} = L_{A\text{экв}} - L_{\text{Арас}} - L_{\text{Авоз}} - L_{\text{Ав/т}} - L_{\text{Апок}} - L_{\text{Азел}} - L_{\text{Аэкр}} - \Delta L_{\text{А}a} - L_{\text{Азас}} + L_{\text{Аотр}}\ ,$$

с учетом коррекций на расстояние $L_{\text{Арас}}$, затухание в воздухе $L_{\text{Авоз}}$, турбулентность атмосферы $\Delta L_{\text{Ав/т}}$, поглощение поверхностью $L_{\text{Апок}}$, зелеными насаждениями $L_{\text{Азел}}$, экранирующими сооружениями $L_{\text{Аэкр}}$, ограничения угла видимости дороги $\Delta L_{\text{А}\alpha}$, влияние придорожной застройки $L_{\text{Азас}}$ и отражения звука $L_{\text{Аотр}}$. Коррекции определяются согласно разделам 7.4-7.12 и 11[1].

Максимальные уровни звука определяются по ф-ле (32):

$$L_{A\text{макс}\text{РТ}} = L_{A\text{макс}} - L_{\text{Арас}} - L_{\text{Авоз}} - L_{\text{Ав/т}} - L_{\text{Апок}} - L_{\text{Азел}} - L_{\text{Аэкр}} - \Delta L_{\text{А}a} - L_{\text{Азас}} + L_{\text{Аотр}}.$$

Вызывает вопросы обоснованность расчёта снижения максимального уровня звука по полной аналогии с расчётом эквивалентного уровня, так как это противоречит используемым ранее методикам расчета, например, в [6] или в актуальном ГОСТ 33325 [14], где при расчете снижения максимального уровня звука не учитываются такие параметры, как влияние поверхности территории, ограничение угла видимости, влияние придорожной застройки и коррекция на отражение от ограждающих конструкций. Предлагаемый уточненный вариант для ф-лы (32) [1]:

$$L_{A\text{макс}\text{РТ}} = L_{A\text{макс}} - L_{\text{Арас}} - L_{\text{Авоз}} - L_{\text{Ав/т}} - L_{\text{Азел}} - L_{\text{Аэкр}}.$$

Согласно п. 7.3.4 распространение и снижение шума на местности допускается также рассчитывать по ГОСТ 31295.2 [10].

3. Расчет снижения уровня шума расстоянием

На современном этапе для расчета эквивалентных уровней звука нашел применение подход, при котором дорога рассматривается как линейный источник конечной длины и используется универсальная расчетная зависимость, описывающая все закономерности расширения звуковой волны по мере удаления от него: от цилиндрического расширения через квазицилиндрическое к сферическому ([1], [11], [12], [13]).

Эквивалентные уровни звука корректируются расстоянием по ф-ле (33) [1]:

$$L_{Аэкв\,рас.} = 10lg\left[arctg(\frac{l}{2R_0})\right] - 10lg\left[arctg\frac{l}{2R}\right] - 10lg\left(\frac{R}{R_0}\right).$$

Формула (33) [1] является аналогом ф-лы (7.2)[11], но в ней имеется опечатка. Вместо $10\lg(R/R_0)$ в скобках должно быть $10\lg(R_0/R)$ (как в ф-ле (7.2) [11]). В противном случае, при подстановке результата в ф-лы (31)-(32) [1] получается, что с увеличением расстояния шум тоже увеличивается, что противоречит физическому смыслу параметра. Предлагаемый вариант ф-лы (33):

$$L_{Аэкв\,рас.} = 10lg\left[arctg(\frac{l}{2R_0})\right] - 10lg\left[arctg\frac{l}{2R}\right] - 10lg\left(\frac{R_0}{R}\right).$$

Для повышения точности расчетов при многополосном движении рассчитывается расстояние до каждой полосы по ф-ле (35) [1] $R_i = R + (i - 1)\, b_{пол}$, где $b_{пол}$ - ширина полосы движения, затем для каждой полосы определяется снижение расстоянием по ф-ле (33) [1] с последующим энергетическим суммированием $L_{Аэкв.рас.,Ri}$ по ф-ле (А.1) из Приложения А[1].

Однако, энергетическое суммирование коррекций $L_{Аэкв.рас.,Ri}$ при расчете с разбиением на отдельные полосы движения является не корректным, в результате чего завышается значение снижения шума с расстоянием. Энергетическое суммирование следует выполнять для итоговых $L_{Аэкв.РТi}$ в расчетных точках, полученных при расчете по ф-ле (31)[1] на расстоянии R_i для каждой отдельной i-й полосы с учетом всех рассматриваемых факторов, влияющих на распространение звука.

Максимальные уровни звука корректируются расстоянием по ф-ле (36) [1]:

$$L_{Амакс.рас} = -10\lg\sum_{i=1}^{N+1}\frac{l}{R^2+(N+1-i)d^2} + 10\lg\sum_{i=1}^{N+1}\frac{l}{56.25+(N+1-i)d^2}$$

с учетом среднего расстояния d между машинами, аналогично ф-ле (6.9)[13].

В ф-ле (36) [1] имеется опечатка, влияющая на результат расчета – пропущены скобки в знаменателе обоих членов. Должно быть:

$$\Delta L_{Амакс.рас} = -10\lg\sum_{i=1}^{N+1}\frac{l}{R^2+((N+1-i)d)^2} + 10\lg\sum_{i=1}^{N+1}\frac{l}{56.25+((N+1-i)d)^2}.$$

В документе не описана методика вычисления среднего расстояния d между машинами, и какие машины при этом рассматриваются (только грузовые или все типы).

При использовании формул (33) и (36) [1] совместно с поправкой на угол видимости участка дороги возникают искажения в картине распространения шума в зонах, прилегающих к краям рассматриваемого участка, вызванные комбинационным воздействием поправок на угол видимости и длину источника [16]. Таким образом, для построения неискаженных карт шума для формул (33) и (36) необходимо проведение модификации с учётом расположения расчётной точки сбоку от рассматриваемого участка дороги, либо явное описание области применения указанных формул в тексте [1].

Учитывая имеющиеся опечатки и ограничения формул (33), (36)[1], целесообразно до уточнения методик расчет снижения шума расстоянием выполнять по ГОСТ 31295.2 [10], тем более что такая возможность прописана в п. 7.4.12 [1].

4. Расчет затухания в воздухе и влияния турбулентности

Затухание в воздухе определяется по ф-ле (44) [1]:

$$\Delta L_{Авоз} = \frac{\alpha_{воз} \cdot R}{1000},$$

где $\alpha_{воз}$=0,005 дБА/м.

Затухание звука в воздухе в октавных полосах частот, дБ/м, определяется по табл. 7.1[1] (данные, аналогичные табл.5 СНиП23-03-2003).

Влияние турбулентности воздуха определяется по ф-ле (45) [1]:

$$\Delta L_{в/т} = 3/[1{,}6 + 10^5(R_0/R)^2] ,$$

где R_0 – опорное расстояние (для автотранспортных потоков R_0 = 7,5м).

Ф-ла (45) [1] отличается от ф-лы (2.4) [9] наличием параметра R_0=7,5м. Если выполнить расчеты по ф-ле (45) [1], то значимое снижение от турбулентности начинает проявляться только на расстоянии свыше 1000м, что поднимает вопрос о целесообразности использования в расчетах параметра $\Delta L_{в/т}$.

В [9], [11] и [13] R_0 = 1м и расчет для $\Delta L_{в/т}$ дает более адекватные величины снижения.

Предлагаемый корректный вариант для ф-лы (45) [1]:

$$\Delta L_{в/т} = 3/[1{,}6 + 10^5(R_0/R)^2],$$

где параметр R_0 = 1 м.

Можно отметить, что на небольших расстояниях, которые обычно имеются при акустическом расчете дороги в городской среде, эти параметры оказывают несущественное влияние, и ими, как правило, пренебрегают.

5. Расчет влияния поверхности территории

Основные зависимости для учета влияния поверхности были введены в практику еще в 80-е годы [3] и до сих пор широко используются. Эта коррекция имеет существенное влияние при распространении звука в приземном слое при «мягкой» поверхности и большом расстоянии, однако при высотах выше 2-3 этажа обычно становится пренебрежимо малой.

В случае акустически мягкой поверхности и при отсутствии экрана поглощение звука поверхностью определяется по ф-ле (46) [1]:

$$\Delta L_{A\,пок} = 6\lg\left[\frac{\sigma^2}{1+0{,}01\sigma^2}\right],$$

где параметр σ определяется по ф-ле (47) [1]

$$\sigma = \frac{1{,}4d \cdot 10^{-0.3h_{иш}}}{10h_{рт}}$$

в зависимости от расстояния d по перпендикуляру между источником шума (ИШ) и расчетной точкой (РТ), а также от величины высот ИШ и РТ ($h_{иш}$, $h_{рт}$).

Для смешанного покрытия при расчете только уровня звука – по ф-ле (48) [1]:

$$L_{Апок} = 4{,}8 - \frac{h_s - h_r}{R_{sr}}\left(17 + \frac{300}{R_r}\right),$$

аналогичной ф-ле (10)[10], но с неточностями, завышающими снижение шума поверхностью. В ф-ле (48) [1] в числителе вместо разницы высот акустического центра транспортного потока и расчетной точки $h_s - h_r$ должна быть удвоенная средняя высота траектории распространения звука (как в ф-ле (10)[10]).

При наличии экрана – по ф-лам (49)-(56) [1], аналогично [3], [11], но с ошибочным описанием параметра σ.

В описании параметра σ к ф-лам (49)-(55) [1] неточно указано, что этот параметр определяется также, как ранее в ф-ле (47) [1]. В описании не указано, что в этой формуле при расчете при наличии экрана, вместо $h_{иш}$ должна подставляться высота экрана $h_{экр}$, а вместо d подставляется длина проекции расстояния от экрана до РТ (см. [3]).

Оценка влияния поверхности при сложной планировке территории является нетривиальной задачей, ввиду наличия разнородных по своим звукопоглощающим характеристикам участков территории, необходимости учета размеров этих поверхностей и высотных отметок.

Возможность расчета с учетом различия поглощения поверхностью в октавных полосах частот в настоящее время дает только методика из [10]. Этот же документ позволяет учитывать смешанное покрытие с разделением траектории на три зоны: зона источника шума, зона расчетной точки и средний участок.

В п.7.7.6 [1] более точным альтернативным вариантом расчета влияния поверхностью также рекомендуется ГОСТ 31295.2 [10].

6. Расчет снижения уровня шума экранированием

Оценка снижения шума экранирующими сооружениями является одной из самых сложных задач в инженерной акустике. При этом рассматриваемый параметр очень важен, так как часто именно благодаря экранированию удается добиться нормативных уровней шума в жилой застройке рядом с транспортными магистралями. К сожалению, использование экранов часто бывает не эффективно, например, для защиты верхних этажей высоких зданий, в зоне, где окна будут находиться вне звуковой тени. Также часто имеются сложности, связанные с физической возможностью размещения экранов требуемых по расчету размеров на оптимальных для них позициях, вызванные известными ограничениями в сложившейся городской среде (недостаток места, требования дорожных служб, затемнение окон ближайших домов, эстетические и др.).

Согласно п. 11.1.1[1] акустическую эффективность экрана $\Delta L_{Aэкр}$ следует рассчитывать в соответствии с методом Маекавы [5], [6], либо согласно методике ГОСТ 31295.2 [10].

При расчете по методу Маекавы используются графики на рис.11.4[1] или ф-ла (83)[1]:

$$\Delta L_{Aэкр} = 20lg\frac{\sqrt{2\pi|N|}}{th\sqrt{2\pi|N|}} + 5, \text{при } N \geq -0.2,$$

в зависимости от числа Френеля N=2δ/λ, где $\delta = (a+b) - c$ - разность длин путей прохождения звукового луча, λ -длина волны (λ=0,84м для автотранспортного потока). Формула (83) [1] применима при расстоянии до РТ не более 200м.

Расчет эффективности для экрана ограниченной длины - по ф-ле (84) [1]:

$$\Delta L_{A\ э\ огр.} = \Delta L_{A\ э.\alpha} + \Delta\ q\ ,$$

с поправками, определяемыми по табл. 11.1-11.2[1].

В [1] также описано влияние на эффективность конструкции верхней части (полки) экрана.

Минимальная длина отгона (п. 11.1.4-11.1.8[1]) определяется из условия видимости края экрана под углом ≥80° к перпендикуляру к оси дороги, а также увеличение

в каждую сторону длины экрана не менее чем на 4-кратное расстояние *D* от проезжей части до РТ и не менее 100м в каждую сторону. На рис.11.1[1] расстояние *D* изображено от РТ до экрана, а в описании в тексте в п.11.1.4 – до проезжей части. Более корректно будет в п.11.1.4 исправить описание на «…в каждую сторону не менее чем 4-кратное расстояние от экрана до расчетной точки».

Для вала и *выемки* экранирование вычисляется по ф-лам (90) и (91) [1], и рис. 11.7-11.8[1]:

$$\Delta L_{Aэкр.вал.} = \Delta L_{Aусл.ст} + K(lgw + 0,7) - DL,$$
$$\Delta L_{Aэкр.выем.} = \Delta L_{Aусл.ст} - DL,$$

с учетом снижения шума условным экраном-стенкой $\Delta L_{Aусл.ст}$, акустической эффективности откоса *DL*, зависящего от угла откоса β (рис. 11.7[1]), ширины вписанного прямоугольного параллелепипеда *w* и параметра *K*, определяемого по номограмме (рис.11.8[1]), в зависимости от углов θ_S и θ_R (расчет соответствует [6]).

Анализируя предложенную методику можно отметить, что до сих пор для оценки снижения шума выемкой и насыпью предлагается применять не описанную аналитически методику с использованием номограммы для определения параметра *K* в зависимости от углов θ_S и θ_R, разработанную еще в 70-х годах прошлого века. Кроме того, в документе не указано как рассчитывать экранирование зданием, что гораздо актуальнее при расчете распространения шума в городской застройке.

Применение номограмм, таблиц и графиков весьма затруднительно в более и менее сложных и нетиповых случаях акустических расчетов, и приводит к неоправданно большим затратам времени при ручном расчете, одновременно существенно теряя в точности вычислений. Более формализованной и удобной для автоматизации расчетов на настоящий момент является методика ГОСТ 31295.2[10].

7. Расчет снижения уровня шума зелеными насаждениями

Коррекция для расчета снижения уровней звука полосами зеленых насаждений $\Delta L_{Aзел}$ при ширине полосы не более 100 м определяется по ф-ле (62) [1], аналогично методикам [3], [11]:

$$\Delta L_{Aзел} = \alpha_{зел} \cdot B, \quad \alpha_{зел} = 0,08 \text{ дБА/м}.$$

Траекторию распространения звука аппроксимируют дугой окружности с радиусом 5 км (или лучами под углом 15° к поверхности территории).

Затухание в октавных полосах частот вычисляется по табл. 7.3[1] в зависимости от длины траектории и среднегеометрической частоты, аналогично [10].

На низкочастотном шуме и при малой ширине зеленой зоны влияние этого параметра пренебрежимо мало, и озеленение скорее привносит вклад в улучшение эстетического восприятия городской среды, чем дает реальное снижение шума.

8. Расчет коррекции на угол видимости участка дороги

Методика, введенная в практику в 80-е годы [3], используется при рассмотрении транспортного потока как линейного источника шума и выделении отдельных секторов дороги из условия ограничения угла видимости α участка улицы.

Расчет коррекции на угол видимости $\Delta L_{A\alpha}$ ведется по формуле (63) [1]:

$$\Delta L_{A\alpha} = 10 \lg \frac{\alpha}{180}.$$

С 2003 года ([9], [11], [1]) в документации остается опечатка в виде отсутствующего знака «минус» перед 10lg(α/180), в результате чего, при подстановке вычисленного параметра $\Delta L_{A\alpha}$ (при α<180 значение 10lg(α/180) будет со знаком «минус») в

общую формулу для расчета распространения шума на местности, ошибочно получается, что чем меньше угол видимости улицы, тем шумнее, что противоречит физическому смыслу рассматриваемой коррекции.

Предлагаемый вариант ф-лы (63) [1]:

$$\Delta L_{A\alpha} = -10\lg(\alpha/180).$$

9. Расчет коррекции, учитывающей влияние придорожной застройки

Коррекция $\Delta L_{Азастр}$, учитывающая влияние придорожной застройки, определяется по табл. 7.4[1], в зависимости от ширины улицы, типа придорожной застройки и усредненных разрывов между домами. Значения $\Delta L_{Азастр}$ могут быть в интервале от 0 до -6 дБА, аналогично табл. 7.1 [11]. Можно отметить, что рассматриваемый параметр $\Delta L_{Азастр.}$ выделен как отдельная составляющая относительно недавно (в [9], [11] и [1]). Ранее, в справочнике [6], он входил в состав параметра, учитывающего отражения.

Расчет влияния застройкой ведется с использованием справочных таблиц в зависимости от ширины улицы, типа придорожной застройки и усредненных разрывов между домами, что осложняет проведение акустических расчетов и построение карт шума при большом количестве расчетных точек и сложной застройке.

В актуальной методике [1] при описании расчета влияния придорожной застройки отсутствует четкое описание границ зоны (в плане и по высоте), где применяется эта коррекция, что приводит к некоторой неопределенности учета этой коррекции. При построении карт шума может быть резкое ступенчатое изменение значений уровней шума величиной до 6 дБА при выходе из зоны придорожной застройки, что вызывает сомнение с точки зрения физики процесса. Поэтому, при последующей актуализации документа желательно подробно описать границы расположения зоны придорожной застройки и характер изменения шума при выходе из этой зоны.

10. Расчет влияния отраженного звука

Коррекция, учитывающая отражение звука от ограждающих конструкций, вблизи которых расположена расчетная точка, определяется по ф-ле (64) [1] или по табл.7.5[1] в зависимости от высоты РТ $h_{рт}$ и ширины улицы b:

$$\Delta L_{Аотр} = k\, e^{h_{РТ}/b}.$$

Значения $\Delta L_{Aотр}$ могут быть в интервале от 0 до 6 дБА. Вычисленные значения частично соответствую данным табл. 31 [6].

При отсутствии данных о ширине улицы поправку на отражение в 2м от фасадов принимают равной 3 дБА (п.7.12.2 [1]).

В рассматриваемой методике [1] при описании расчета влияния отражений на настоящий момент имеется ряд неточностей. В описании параметров ф-лы (64) [1] ошибочно указано, что b – ширина улицы, а должно быть b – полуширина улицы (см., например, ф-лу (3.49) [13]).

Данные табл.7.5[1] частично не соответствуют результатам расчета по ф-ле (64) [1], например, при $h_{рт}$ / b =1, по табл.7.5 [1] будет $\Delta L_{Аотр}$= 2,8 дБА, а по ф-ле (64) [1] $\Delta L_{Аотр}$ =3,4 дБА. Предлагается откорректировать значения табл.7.5[1] так, чтобы они соответствовали расчету по ф-ле (64).

Совместное использование в [1] параметров $\Delta L_{Азастр.}$ и $\Delta L_{Аотр.}$ может дать прогнозируемое увеличение шума на величину до 12 дБА, что является дискуссионным моментом в методике расчета.

Оценка влияния отражений при сложной застройке является нетривиальной задачей, ввиду наличия разнородных по своим звукопоглощающим характеристикам

отражающих поверхностей, необходимости учета размеров этих поверхностей, а также возможных многократных отражений.

Возможность расчета в октавных полосах частот с учетом звукопоглощающей способности и геометрических размеров отражающей поверхности дает только методика [10]. В п. 7.12.3 [1] альтернативным вариантом расчета отражения также допускается [10].

Заключение

В прошедшие 5 лет в РФ наблюдается период активного изменения и развития документации, связанной с оценкой акустического воздействия, постепенно происходит гармонизация отечественной и зарубежной нормативной литературы. И в связи с происходящими изменениями появляется возможность с учетом накопленного опыта сформировать хорошо проработанную актуальную методическую базу, необходимую для проведения акустических расчетов, аналогично тому, как это происходило около 40 лет назад.

Выполненный в статье обзор ставил своей целью кратко обозначить некоторые вопросы по применяемой актуальной документации [1], регламентирующей оценку транспортного шума, которые ещё требуют более подробной проработки или уточнения.

Следует отметить, что в используемой при проектировании документации для расчета транспортного шума имеется ряд опечаток и ограничений, что может дезориентировать проектировщика и привести к ошибочным результатам оценки шумового воздействия.

Применение номограмм, таблиц и графиков, которые широко используются в документации, в том числе актуализированной, может быть затруднительно в сложных и нестандартных случаях акустических расчетов, что приводит к неоправданно большим затратам времени при ручном расчете, одновременно существенно теряя в точности вычислений.

Таким образом, остается актуальным дальнейшее улучшение отечественной документации, применяемой для акустических расчетов транспортного шума, для чего необходима совместная работа и конструктивный диалог всех неравнодушных специалистов и экспертов в области инженерной акустики.

Наиболее проработанный и формализованный математический аппарат, удобный для автоматизации акустических расчетов распространения шума на местности, на настоящий момент представлен в ГОСТ 31295.2 [10]. Документ позволяет учитывать распространение шума в октавных полосах частот, что позволяет более точно моделировать процессы поглощения, дифракции и отражения звука. Метод разбиения линейных источников на комбинацию эквивалентных точечных источников позволяет при соответствующих алгоритмах разбиения добиться подробного описания транспортных источников шума в условиях сложной застройки и рельефа на селитебной территории.

На данный момент авторам представляется достаточно эффективным комбинированный подход к расчёту шумового воздействия транспорта, который заключается в расчёте шумовой характеристики транспортного потока по «дорожным» методикам (например, [1], [14]) с переводом результатов в октавные уровни звука по шкалам коррекции и дальнейшим расчётом распространения шума на местности по [10]. В актуальном своде правил, регламентирующем расчет транспортного шума [1], альтернативным вариантом расчета распространения шума на местности также рекомендуется [10]. Этот подход нашёл свою реализацию в программном комплексе АРМ «Акустика» и показывает хорошие результаты сходимости с данными натурных замеров шума при акустических расчётах для транспортных объектов.

Список литературы

1. СП 276.1325800.2016 Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков.

2. Поспелов П.И. Борьба с шумом на автомобильных дорогах. –М.: Транспорт, 1981.

3. Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума. -М.: Стройиздат, 1982.

4. Руководство по учету в проектах планировки и застройки городов требований снижения уровней шума. -М.: Стройиздат, 1984.

5. Снижение шума в зданиях и жилых районах. Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина. –М.: Стройиздат, 1987.

6. Справочник проектировщика. Защита от шума в градостроительстве. Под ред. д. т. н. Осипова Г.Л. - М.: Стройиздат, 1993.

7. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. –М., 1995.

8. Пособие к МГСН 2.04-97 Проектирование защиты от транспортного шума и вибрации жилых и общественных зданий.

9. ОДМ «Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения» Утверждены распоряжением Минтранса России № ОС-362-р от 21.04. 2003. –М.: Росавтодор, 2003.

10. ГОСТ 31295.2-2005 Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчёта.

11. ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. –М.: Росавтодор, 2011.

12. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник/ Н.И. Иванов. 3-е изд. перераб. и доп. –М.: Логос, 2013.

13. Основы проектирования транспортных шумозащитных экранов. Учеб. пособие/И.Л. Шубин, И.Е. Цукерников, Н. Николов, А. Писарски. –М: ИД «БАСТЕТ», 2015.

14. ГОСТ 33325-2015 Шум. Методы расчета уровней внешнего шума, излучаемого железнодорожным транспортом.

15. СП 23-104-2004 Оценка шума при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена.

16. Иванов А.В., Никифоров А.В., Кузьмицкий А.М. Вопросы автоматизации методик расчета шумового воздействия автотранспортных потоков // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 21-23 марта 2017г., СПб / Под ред. Н.И. Иванова. – СПб., 2017. С. 329-337.

17. Guide du Bruit de Transports Terrestres. PREVISION DES NIVEAUX SONORES [Text]//CTUR, 1980.-317p.