

УДК 534; УДК 628.517.2

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЁТОВ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА В ПРОГРАММЕ АРМ «АКУСТИКА» 3D

Кузьмицкий А.М., Никифоров А.В., Иванов А.В.

ООО «ТЕХНОПРОЕКТ»

arm@noiseview.ru

Расчёт акустического воздействия транспортных потоков на селитебную территорию по праву является одной из сложнейших задач инженерной акустики. Основная сложность состоит в том, что при таком расчёте проектировщику необходимо учитывать серию протяжённых разновысотных источников транспортного шума в условиях городской застройки, и, зачастую, нерегулярного рельефа местности. При этом необходимо учесть весь набор факторов влияющих на распространение шума (дивергенция, отражения, дифракция, поглощение поверхностями и атмосферой и т.п.). Без программных средств автоматизации акустического расчёта решение подобной задачи возможно только в предельно упрощённых случаях, редко встречающихся на практике. Целью данной статьи является обзор существующих подходов к решению вышеописанной задачи в контексте возможностей программной автоматизации с иллюстрациями на примере программного продукта АРМ «Акустика» 3D.

В первом приближении задачу расчёта акустического воздействия транспортного потока можно разделить на два основных блока: вычисление шумовой характеристики транспортного потока (ШХТП) и последующий расчёт распространения шума на селитебной территории.

Вычисление ШХТП является важным этапом подготовки исходных данных для расчёта и зависит от большого числа факторов, непосредственно связанных с геометрическими и физическими характеристиками дорожного полотна, состава и интенсивности транспортных потоков. Вне зависимости от вида транспорта, подход к вычислению ШХТП единообразен. Сперва вычисляется некий эквивалентный уровень звука на базовом расстоянии (7.5м для автотранспорта и 25м для ж/д транспорта) в зависимости от интенсивности движения, затем вводятся поправки на характеристики дорожного покрытия, состав транспортных потоков, наличие уклонов, пересечений, поворотов и ряд других факторов. Методик вычисления ШХТП достаточно много. Для автомобильного транспорта наиболее актуальны методики, описанные в соответствующих разделах [1]-[3]. Для

железнодорожного транспорта – в [1] и [7]. С точки зрения автоматизации вышеописанные методики вычисления ШХТП не представляют значительной сложности и хорошо алгоритмизируются.

Наиболее сложным в реализации является второй блок – расчёт распространения транспортного шума на территории. Входными параметрами тут служат: уже вычисленная ШХТП, геометрия дороги, окружающая застройка и рельеф местности. В практике моделирования транспортного шума существуют два наиболее распространенных подхода: представление дороги в виде линейного источника (цилиндрическая волна – затухание $10\lg$ расстояния) или разбиение дороги на серию точечных источников шума (для каждого волна сферическая – затухание $20\lg$ расстояния).

В первом случае (рис. 1) дорога разбивается на серию линейных сегментов, отличающихся по условиям видимости из расчётной точки. На рисунке сектора 1 и 4 перекрыты экранами, сектора 2 и 3 видимы из расчётной точки, но находятся на двух различных по направлению линейных участках. Так как рассматриваются участки конечной длины, то обязательно вводится поправка на угол видимости участка из расчётной точки. Также вводятся поправки, учитывающие характер подстилающей поверхности, экранирование, отражения, потери за счёт поглощения и турбулентности в атмосфере.

Частные случаи методик расчёта по «линейной» модели изложены в [2], [8] и в предшествующих им документах, а также для железнодорожного транспорта в ГОСТ Р 54933-2012 [7]. Этот подход достаточно хорош для ручных расчётов и в случае простой градостроительной ситуации даёт относительно достоверные результаты на практике. Но, тем не менее, он имеет ряд существенных недостатков. Так учёт экранирования в данных моделях формализован только для случая условно бесконечного экрана, для экранов конечной длины и элементов застройки в лучшем случае используются табличные коэффициенты приведения, а в худшем – этот вопрос вообще игнорируется. Учёт отражённого звука сводится обычно к добавке 3 дБ на фасадах, что не всегда отражает шумовую картину в городской застройке. Подход с использованием линейных мнимых источников для отражённого звука, который успешно решает задачу отражения линейных источников, в отечественной нормативной документации не применяется, а значит, может быть подвергнут сомнению при проведении различных экспертиз.

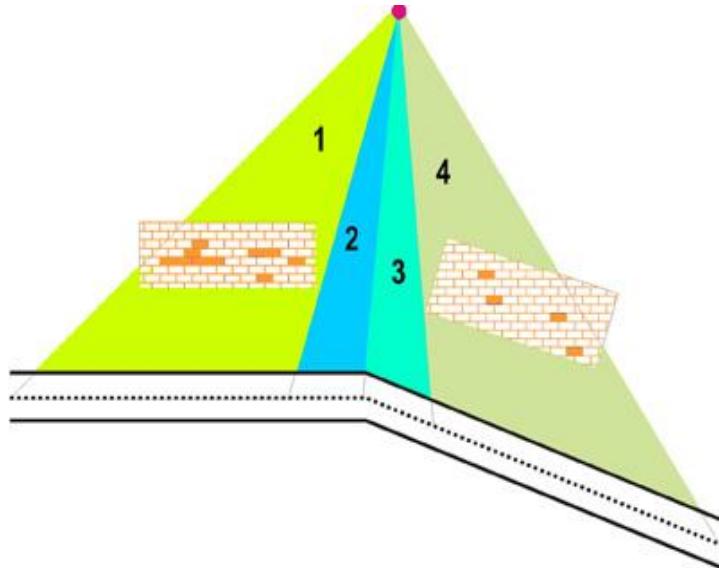


Рис. 1. Линейная модель

Во втором случае протяжённый источник разбивается на серию эквивалентных точечных источников (рис. 2). Источники создаются таким образом, чтобы длина линейного сегмента дороги, представленного точечным источником, была вдвое меньше расстояния от центра этого сегмента до расчётной точки. Понятно, что по мере удаления от расчётной точки, длина сегмента будет увеличиваться, снижая значимость удалённых участков дороги. Каждому точечному источнику назначается своя звуковая мощность, исходя из удельной звуковой мощности на 1 метр длины дороги и протяжённости линейного сегмента. Удельная звуковая мощность транспортного потока вычисляется на основе ШХТП. Такой же подход может быть использован и в случае с площадными источниками шума.

Метод разбиения на точечные источники и последующий метод расчёта распространения шума на территории изложены в ГОСТ 31295.1,2-2005 [5],[6]. В указанном документе подробно описаны механизмы учёта экранирования, отражений и других факторов, влияющих на распространение звука на селитебной территории. Также важно, что с 2011 года в России ГОСТ 31295 является основным документом для расчёта распространения звука на территории вне зависимости от природы рассчитываемых источников шума.

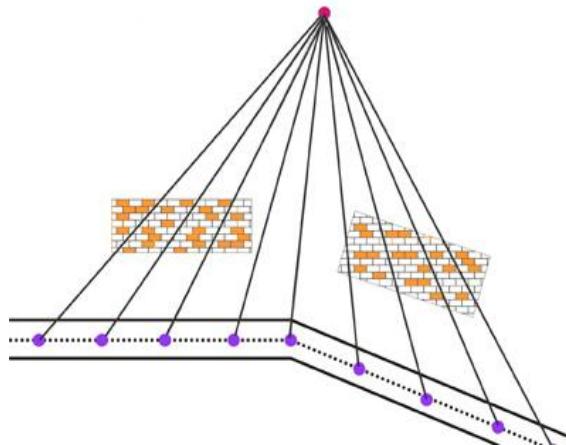


Рис. 2. Точечная модель

В серии программ АРМ «Акустика» авторы в разное время реализовывали расчёты и по «линейной» модели (на базе [8]) и по «точечной» (на базе [5],[6]). В простых случаях и на жёстких поверхностях результаты были достаточно схожи, невязка составляла 1-2 дБА, но в случае сложной градостроительной ситуации «точечная» модель значительно опережала «линейную» по подробности и качеству расчётов.

На данный момент в нашей программе для расчёта внешнего воздействия транспортного шума используется только модель по ГОСТ 31295, как наиболее подробная и нормативно закреплённая. Интерфейс программы позволяет пользователю конструировать неравномерный рельеф местности с любой степенью детализации, городскую застройку произвольных форм, а также сложную дорожную сеть с многоуровневыми развязками, мостами, эстакадами и шумозащитными экранами (рис. 3). Также моделируется внутреннее устройство зданий и распространение шума в помещениях.

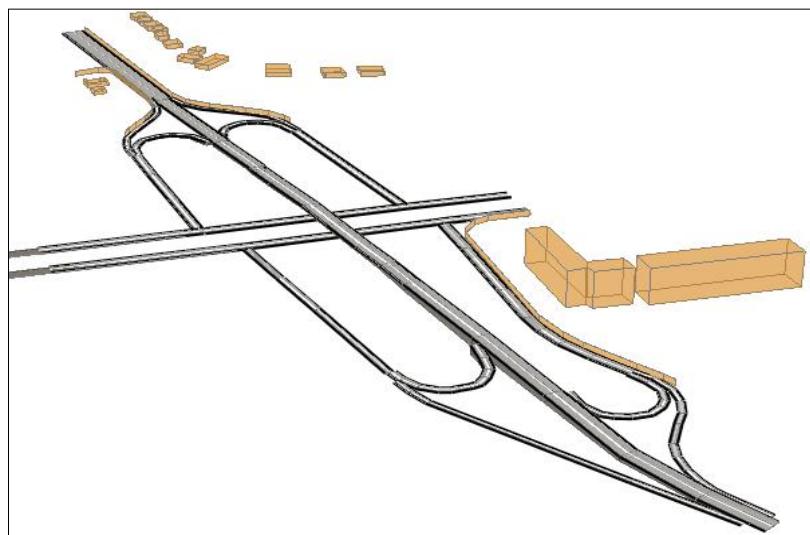


Рис. 3. Пример представления дорожной сети

Проектирование и просмотр результатов проводятся в трёхмерном и двумерном представлениях. Результаты расчётов программы могут быть представлены в виде шумовых карт произвольной формы, что особенно важно при анализе транспортного шума, когда необходимо оценить воздействие вдоль буферной зоны вокруг дорог (рис. 4). Также могут быть построены трёхмерные поля шума на заданной высоте над неравномерным рельефом и шумовые разрезы (рис. 5).

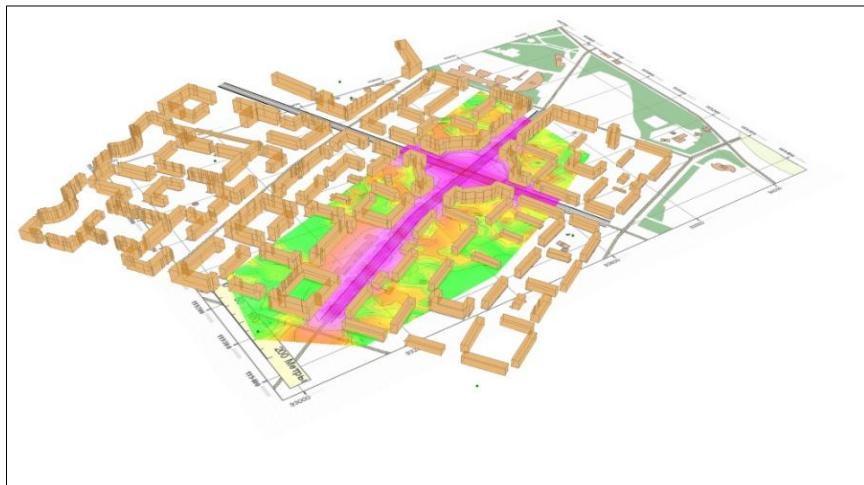


Рис. 4. Построение шумовых карт произвольной формы

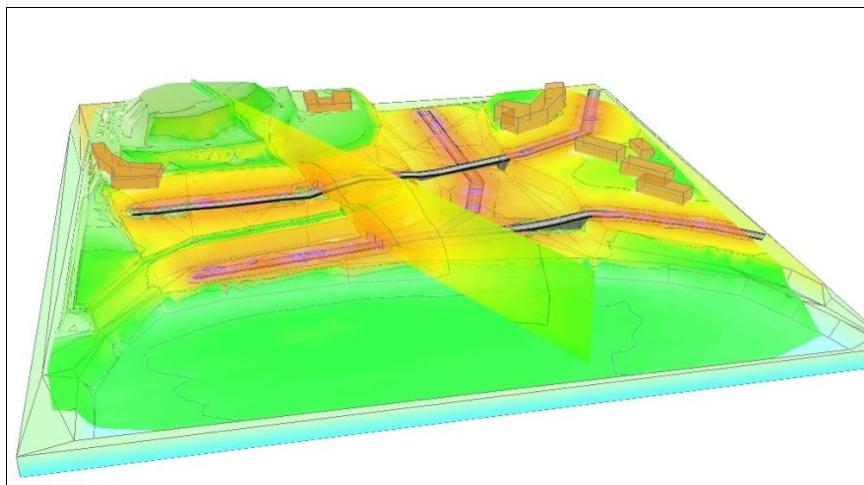


Рис. 5. Построение шумовых разрезов и 3D поверхностей

Важным моментом при проектировании транспортных магистралей является правильный учёт экранирования в случае большой ширины дороги и её многополосности. Для этого в программе предусмотрена возможность прямого задания исходных данных для каждой из полос магистрали с последующим расчётом воздействия от каждой из них. При нанесении в программе линии шумозащитных экранов, они могут автоматически повторять профиль кромки дорожного полотна, что облегчает моделирование для разноуровневых развязок, эстакад и нерегулярного рельефа местности. Дополнительным плюсом использования разбиения транспортных магистралей на эквивалентные

точечные источники является упрощение учёта геометрических поправок (таких как уклон дороги) при определении ШХТП, так как они могут быть автоматически вычислены программой в местах реальных уклонов линейных сегментов, представляемых точечными источниками. Это экономит трудозатраты проектировщиков, позволяя создавать магистрали в виде достаточно сложных полилинейных объектов, а не дробить их на серию отдельных отрезков.

В программе имеются опции для выполнения оперативного анализа уровней шума во всех назначенных расчетных точках и вклада отдельных источников шума в суммарный уровень шума для каждой критической точки, что способствует быстрому и грамотному выбору необходимого комплекса шумозащитных мероприятий.

Помимо графического представления результатов, в программу встроена система построения отчётов в выбранных пользователем расчётных точках. В отчёт выводится подробный ход расчёта с приведением вкладов каждого из факторов распространения шума, а также формул и ссылок на нормативную документацию. Отчёт может служить средством аналитического исследования, а также в полной мере информативен для предоставления материалов на экспертизу в соответствующие контролирующие органы.

Список литературы.

1. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учебное пособие для студентов вузов / Л.Г. Осипов, В.Н. Бобылев, Л.А. Борисов и др.; под ред. Л.Г. Осипова, В.Н. Бобылева. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2004.
2. ОДМ 218.2.013-2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. Росавтодор, 2011.
3. Пособие к МГСН 2.04-97. Проектирование защиты от транспортного шума и вибрации жилых и общественных зданий.
4. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
5. ГОСТ 31295.1-2005. Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчёт поглощения звука атмосферой.
6. ГОСТ 31295.2-2005. Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчёта.
7. ГОСТ Р 54933-2012. Шум. Методы расчёта уровней внешнего шума, излучаемого железнодорожным транспортом.
8. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. Росавтодор, 2003.