

Список литературы

1. Балакишин, Б. С. Основы технологии машиностроения. – М. : Машиностроение, 1969. – 560 с.
2. Новиков, М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М. : Машиностроение, 1980. – 592 с.
3. Федоров, Б. Ф. Механизация и автоматизация слесарно-сборочных работ. – М. ; Свердловск : Машгиз, 1962. – 312 с.
4. Осетров, В. Г. Теория и практика сборки машин. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2005. – 246 с.
5. Гибкие сборочные системы / под ред. У. Б. Хегинботама ; пер. с англ. Д. Ф. Миронова. – М. : Машиностроение, 1988. – 400 с.

УДК 004.942

А. А. Коробейников, старший преподаватель
Ижевский государственный технический университет

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Описывается создание системы шумового мониторинга Ижевска с учетом данных об интенсивности транспортного потока, его составе и средней скорости, состоянии дорожного покрытия и типе примыкающей застройки. В результате расчетов визуализируется шумовая карта Ижевска.

Одним из приемов градостроительных мер защиты от шума является формирование примыкающей застройки, которая обеспечивала бы акустический комфорт в возможно большем числе квартир и на возможно большей части внутриквартальной территории. Обычно начинают с прогноза шумности будущих транспортных магистралей, крупных улиц, составляют карту шума улично-дорожной сети будущего города, микрорайона. Ожидаемые уровни звука определяют на основе оценки интенсивности движения транспорта, его качественного состава (соотношение грузовых и легковых машин и т. д.). Зная уровни звука на улице, рассчитывают их значения у фасадов зданий и внутри квартала [1]. Шумовые карты городов позволяют рационально решать улично-дорожную сеть городов с учетом защиты застройки от шума.

Система мониторинга шумового загрязнения окружающей среды предназначена для построения шумовой карты города с целью выявления участков с высокими уровнями шумового загрязнения и выдачи рекомендаций по его снижению, а также для размещения наблюдательных постов с целью получения результатов инструментального замера уровней шума и дальнейшей корректировки шумовой карты.

Шумовая карта города строится на основе данных об основных источниках шума, преимущественно автотранспортном – интенсивности движения транспорта и его качественном составе.

Снижение городских шумов связано с особенностями внешней среды – ее поглощающими, отражающими, экранирующими и изолирующими акустическими свойствами; шумозащита в городах зависит от приемов планировки, застройки и озеленения, т. е. всего комплекса архитектурно-планировочных решений, которые видоизменяют среду и могут создать оптимальные условия для снижения и затухания шума [1].

Акустическую оценку застраиваемых или реконструируемых примагистральных территорий, выбор наиболее целесообразных, эффективных и экономичных архитектурно-планировочных, строительно-акустических и организационно-административных средств снижения транспортного шума следует осуществлять на основе карт шума улично-дорожной сети. Эти карты должны входить в состав проектной документации при разработке технико-экономических основ развития городов, генеральных планов городов и проектов детальной планировки их районов. Меры по защите от шума целесообразно предусматривать уже на стадиях проектно-планировочных работ как с технической, так и с экономической точки зрения [3].

Входной информацией системы являются данные о количественном и качественном составе транспортных потоков, а также данные о наблюдательных постах и графические данные. Данные о транспортных потоках включают в себя: число транспортных единиц, движущихся по дороге; количество грузового и общественного транспорта в потоке (с карбюраторными двигателями, дизельными двигателями); количество пар трамваев в потоке, тип трамваев; скорость транспортного потока; продольный уклон улицы, ширину разделительной полосы; тип перекрестка; данные о пересечении дорог в разных уровнях; тип дорожного покрытия; тип застройки, ширину улицы, расстояние между домами вдоль линии застройки.

Данные о наблюдательных постах включают в себя: номер и название наблюдательного поста; координаты местоположения поста; значение уровня шума в точке расположения наблюдательного поста; расстояние до источника шума и линейные размеры источника шума.

Графические данные на слоях содержат картографические символы. Для построения сети значений уровней шума обязательно наличие слоя с участками дорог, для которых имеются данные в базе данных о транспортных потоках.

Выходной информацией системы является сеть распределения уровней шума транспортных потоков. В случае анализа сети распределения уровней шума транспортных потоков выходными данными будут являться области сети с уровнями шума, превышающими норму, и рекомендации по снижению уровней шума у фасадов зданий, наиболее близко расположенных к транспортной магистрали.

Структурная схема разработанной системы мониторинга, представленная на рис. 1, содержит основные блоки: блок создания и редактирования слоев карты; блок визуализации слоев карты; блок работы с данными об автодорогах; блок работы с данными о наблюдательных постах; блок импорта и экспорта слоев карты; блок анализа и выдачи рекомендаций.

Блок работы с данными о наблюдательных постах позволяет создать или выбрать из слоя с наблюдательными постами некоторый пост и оперировать с информацией на этом участке. Блок импорта и экспорта слоев карты позволяет принимать векторные слои из других форматов файлов и отправлять слои обратно.

Блок анализа и выдачи рекомендаций производит анализ суммы сеток шумового и корректирующего слоев на наличие уровней шума с превышением нормы, выделяет неблагоприятные области и выдает стандартные рекомендации о способах снижения уровней шума.

Для расчета уровня шума транспортного потока использован принятый статистический метод [1]. Уровень шума, дБ, определяется для условных точек, расположенных на расстоянии 7,5 м от оси движения, на высоте 1,2 м по формуле

$$L_{A7} = L'_{A7} + \sum \Delta L_{x,\Pi} + \sum \Delta L_{д,у} + \sum \Delta L_{x,з},$$

где L_{A7} – исходная величина расчетного эквивалентного уровня звука, определяемая по числу транспортных единиц в 1 ч; $\Sigma\Delta L_{х.п}$ – поправка, отражающая особенности характера транспортных потоков; $\Sigma\Delta L_{д.у}$ – поправка, учитывающая дорожные условия; $\Sigma\Delta L_{х.з}$ – поправка, учитывающая характер застройки. L'_{A7} – величина расчетного эквивалентного уровня звука, дБ, зависящая от числа движения транспортных единиц.

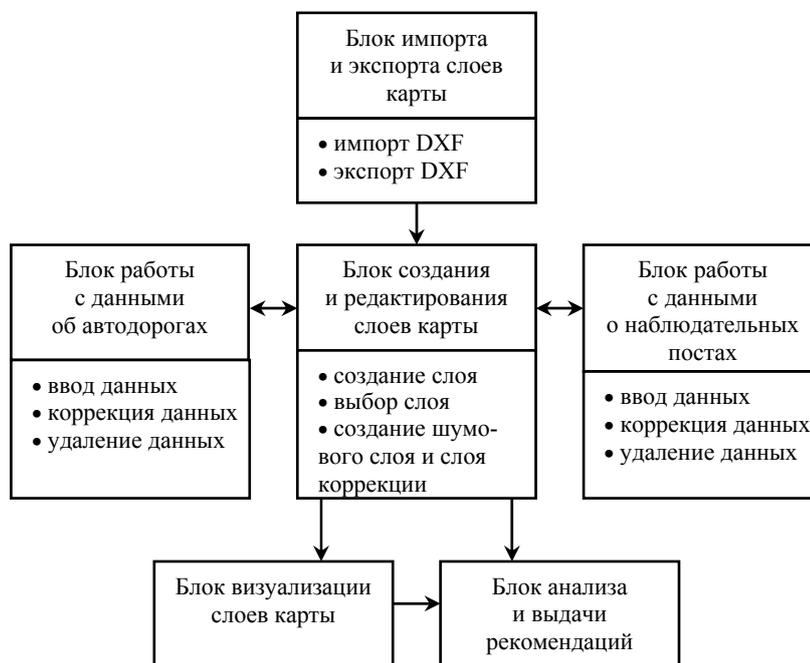


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга шумового загрязнения окружающей среды

При расчете уровней шума на удалении от источника ожидаемый уровень звука на прилегающих к автомагистралям территориях, за пределами 7,5-метровой зоны, рассчитывается по формуле

$$L_{Aтер} = L_{A7} - \Delta L_{Ap},$$

где L_{A7} – расчетный уровень звука, создаваемый транспортным потоком в 7,5 м от магистрали на высоте 1,2 м с учетом поправок [4]; ΔL_{Ap} – расчетное изменение эквивалентного уровня звуков транспортных потоков с увеличением расстояния от автомагистрали до расчетной точки [4].

При расчете суммы уровней шума в децибелах в процессе создания шумового слоя-сетки возникает необходимость сложения уровней шума, получаемых от нескольких объектов-источников. Поскольку уровни шума измеряются относительными логарифмическими единицами, то для получения суммы уровней обычная операция сложения непригодна. В данном случае сначала нужно преобразовать относительные величины уровней шума в уровни звуковой мощности, затем полученную сумму преобразовать обратно в относительную логарифмическую величину.

Относительная логарифмическая величина определяется по формуле

$$L = 10 \lg \frac{P}{P_0},$$

где L – уровень шума, дБ; P – звуковая мощность, Вт; $P_0 = 10^{-12}$ Вт – пороговая звуковая мощность, соответствующая пороговому уровню звукового давления, создаваемому точечным источником на поверхности сферы площадью 1 м^2 .

При сложении относительных логарифмических уровней звука двух источников, приняв значения уровней за L_1 и L_2 соответственно, получим следующие выражения:

$$L_1 = 10 \lg \frac{P_1}{P_0}; \quad L_2 = 10 \lg \frac{P_2}{P_0}.$$

Избавляясь от десятичных логарифмов и суммируя относительные логарифмические уровни звука, получим формулу расчета суммы относительных логарифмических уровней шума:

$$L_{SUM} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right).$$

Модуль расчета уровней шума транспортных потоков создан на основе математической модели расчета уровней шума транспортных потоков вдоль автотрасс и автомагистралей. Модуль содержит функции расчета уровня шума в децибелах для условных точек, расположенных на расстоянии 7,5 м от оси движения, а также дополнительные функции для расчета уровня шума на удалении от автомагистрали и расчета суммы уровней шума в децибелах. Входными данными являются данные об интенсивности транспортного потока, его составе и средней скорости, а также данные о состоянии дорожного покрытия и типе примыкающей застройки. Данные об интенсивности транспортного потока – это число движущихся транспортных единиц по автомагистрали за один час. Данные о составе транспортного потока содержат: процент от количества грузового и общественного транспорта с карбюраторными двигателями; процент от количества грузового и общественного транспорта с дизельными двигателями; количество пар трамваев типа ТАТРА-5 в потоке за один час; количество пар трамваев типа МТВ-82 в потоке за один час. Данные о средней скорости потока содержат: величину средней скорости транспортного потока, км/ч; признак загруженности потока грузовым транспортом установлен, когда в потоке более 50 % грузовых автомобилей.

Данные о состоянии дорожного покрытия содержат: продольный уклон улицы, %; ширину разделительной полосы между проезжими частями, м; признак регулируемого перекрестка установлен, когда есть перекресток с регулируемым движением; признак пересечения в разных уровнях установлен, когда имеет место пересечение в разных уровнях; признак качества потока (учитывается при установленном признаке пересечения в разных уровнях) установлен, когда потоки пересекаются в разных уровнях и имеют одинаковую интенсивность и состав, тип дорожного покрытия – число от 1 до 4 для асфальтобетона, бетона, брусчатки и булыжного камня соответственно.

Данные о типе примыкающей застройки содержат: тип застройки – число от 0 до 2 для автомагистрали без застройки, с односторонней застройкой и двусторон-

ней застройкой соответственно; ширину улицы между линиями застройки, м; расстояние между домами вдоль линии застройки, м.

Выходными данными функции расчета уровня шума транспортного потока является уровень шума, дБ, создаваемый транспортным потоком на расстоянии 7,5 м от оси движения.

Функция расчета уровня шума вычисляет эквивалентный уровень шума на основании данных об интенсивности транспортного потока, а затем полученный уровень шума корректируется с помощью следующих поправок [4]:

- на характер структуры транспортных потоков;
- участие трамваев в транспортном потоке;
- скорость транспортных потоков;
- дорожные условия;
- характер дорожного покрытия;
- застройку.

Тестирование функций расчета уровня шума транспортного потока и расчета уровня шума на удалении от транспортного потока основано на исходных данных о транспортном потоке одной из улиц Ижевска. Правильность результата проверялась ручным подсчетом эквивалентного уровня звука по заданной математической модели. Контрольный пример тестирования программы генерации слоя-сетки с изолиниями распределения уровней шума основан на исходных данных слоя с автодорогами и базы данных с дорожной информацией. Правильность результата проверялась ручным подсчетом эквивалентного уровня звука в выборочных узлах сетки. Визуализация результатов расчета уровней шума транспортных потоков на карте города приведена на рис. 2.



Рис. 2. Визуализация результатов расчета уровней шума транспортных потоков на карте Ижевска

На основании расчета уровней шума и данных литературы можно привести рекомендации (или необходимые меры), позволяющие снизить шум у фасадов зданий, наиболее близко расположенных к транспортной магистрали:

1. Увеличение расстояния от транспортного потока до фасада, увеличение ширины улицы или расстояния от нее до жилых домов. Снижение шума от транспортного потока на каждые 3 дБ требует удвоения расстояния. Например, при первоначальном расчете расстояние от транспортного потока составляет 20 м, уровень звука нужно снизить на 6 дБ. Это требует увеличения расстояния в 4 раза, т. е. до 80 м.

2. Размещение полос зеленых насаждений между проезжей частью и застройкой. Посадки приобретают шумозащитные свойства, если деревья имеют высоту не менее 5...8 м, кроны их плотно смыкаются между собой, а пространство под кронами заполнено кустарником. Если деревья посажены в шахматном порядке, полосой, имеющей ширину 10...15 м, то шум уменьшается на 4...5 дБ, а при ширине полосы 16...20 м – на 5...8 дБА. Чтобы снизить шум на 12 дБА, нужно посадить деревья в три ряда (полоса шириной 30 м) [1].

3. Размещение на пути шума так называемых экранов – специальных сооружений: шумозащитных стенок, насыпей, зданий, не требующих защиты от шума, и т. п. Размещение транспортной магистрали в выемке также создает экранирующий эффект. Эффект экрана зависит от его высоты, протяженности, расстояния от источника шума и высоты застройки, которую нужно защищать. Снижение шума тем больше, чем больше разность между путем, который проходит звук от источника к жителю в обход экрана, и путем, который он проходил бы без экрана. В зоне прямой видимости источника шума эффективность экрана равна нулю. Но и в зоне акустической тени защитные свойства экрана снижаются в результате огибания его звуком. Необходимо иметь в виду, что если вдоль магистрали размещаются достаточно высокие здания, то для защиты их верхних этажей экраны малоэффективны [1].

На самых ранних этапах проектирования городов, поселков, микрорайонов система рекомендует следующие приемы защиты от шума. Прежде всего, это рациональное взаимное расположение жилой застройки и основных источников шума: разграничение жилой и промышленной зон, создание объездных дорог для транзитного транспорта, размещение аэропорта и выбор направлений трасс пролета самолетов вне зон перспективного роста жилой застройки и т. д. Разрывы (или расстояния) между этими зонами, объектами должны быть достаточными, чтобы уменьшить шум до допустимого предела. В ряде рассматриваемых источников шумов достигают очень высокого уровня, поэтому и расстояния от них до жилища могут быть весьма значительными.

Например, уровень звука при взлете самолета Ту-134 или Ил-62 у взлетной полосы превышает 100 дБА. Чтобы снизить его до 70 дБА, нужно удалиться от трассы взлета по нормали не менее чем на 2,5 км, а вдоль нее, от точки начала разбега, – на 35 км [1].

Нужно помнить, что осуществление перечисленных градостроительных приемов по защите жилища от шума требует дополнительной городской территории, денежных средств на строительство и эксплуатацию искусственных сооружений. Поэтому выбор способов защиты от транспортного шума должен вестись на основе вариантного проектирования с технико-экономической оценкой его результатов [1].

Альтернативой градостроительным приемам служат объемно-планировочные и конструктивные способы защиты от шума – создание так называемых шумозащищенных зданий (не исключено и параллельное использование тех и других

приемов) [1]. Объемно-планировочные приемы защиты от шума при создании шумозащищенных зданий заключаются в том, что на фасад, ориентированный на транспортную магистраль, выводятся окна подсобных помещений квартир и внеквартирные коммуникации.

Шумовая карта города, построенная лишь на основе данных об интенсивности движения транспорта и его качественном составе, не отражает реальной картины шумового загрязнения, т. к. не учитывает дополнительные источники шума. Для корректировки шумовой карты производится размещение наблюдательных постов по разработанной методике.

Согласно существующей методике [1] натуральных замеров уровней шума в отсутствии данных о транспортных потоках, проходящих по дорогам города, перед проведением измерений следует составить программу работ, в которой должны быть намечены объекты, места, точки и время проведения измерений. Должен быть составлен перечень объектов измерений – скоростных дорог, магистральных улиц общегородского и районного значения, магистральных дорог грузового движения и жилых улиц с систематическим движением транспортных средств на основе генерального плана города, схем развития улично-дорожной сети и данных транспортных подразделений горисполкомов, ГАИ. Места проведения измерений – участки улиц и дорог между транспортными узлами (перекрестками и площадями) – следует уточнять в процессе проведения измерений. С целью выбора участков для проведения измерений на генеральном плане города следует выделять все сложные транспортные узлы (в первую очередь, периферийные со сквозным движением) и наиболее значительные промежуточные узлы.

Точки измерений следует намечать в местах с характерными для данных участков улиц и дорог поперечными и продольными профилями, типами застройки при магистральных территориях и состоянием покрытия проезжей части. Точки измерений должны быть расположены в местах, где транспортные средства движутся с установившейся скоростью, как правило, в средней части участков улиц и дорог между транспортными узлами, в удалении от остановок общественного транспорта. Точки измерений должны находиться вне зон действия сильных магнитных и электростатических полей. При установлении времени проведения измерений следует учитывать, что карта шума разрабатывается на основе уровней звука, измеренных или рассчитанных при условии максимальной интенсивности движения транспортных потоков по улицам и дорогам города. Вследствие этого измерения уровней звука с целью составления карты шума на текущий период должны проводиться в часы пик средних суток недели летнего периода года.

Однако необходимо заметить, что если автомагистраль проходит по открытой территории и вблизи отсутствуют отражающие звук препятствия, а сама магистраль не имеет характерных участков дорожного покрытия, достаточно рядом с проезжей частью поместить один наблюдательный пост. Уровень шума вдоль данной магистрали будет оставаться практически неизменным, поэтому результат инструментального замера будет отражать шумовое состояние автомагистрали в целом. Если автомагистраль имеет двустороннюю застройку, то для размещения поста необходимо выбрать участок между линиями застройки с характерным дорожным покрытием, минимальным растительным покровом, минимальными расстояниями между линиями застройки и между домами вдоль линий застройки. Для магистралей с односторонней застройкой участок выбирается между линией застройки и проезжей частью. Если вблизи жилой зоны расположен шумный промышленный объект, то пост сле-

дует поместить перед первым ближайшим к источнику шума домом, в зоне прямой видимости (наилучшей слышимости) объекта источника шума. При удвоении расстояния от источника уровень звукового давления снижается в 4 раза, т. е. на 6 дБ.

В случае зависимости изменения звукового давления с изменением расстояния от точечного источника и с учетом однократного отражения шума от экрана при удвоении расстояния от источника уровень звукового давления снижается в 2 раза, т. е. на 3 дБ. Таким образом, если уровень шума нужно снизить на 6 дБ, достаточно увеличить расстояние от источника в 4 раза. Для шкалы дБА удвоение расстояния от источника шума снижает его уровень на 4 дБА [3].

У фасадов жилых зданий (на расстоянии 2 м от них) уровень звука от внешних источников не должен превышать 45 дБА ночью и 55 дБА днем. Для фасадов, обращенных в сторону источников транспортного шума, эти значения повышаются на 10 дБА. Можно понизить уровень шума путем размещения полос зеленых насаждений между проезжей частью и застройкой. Посадки приобретают шумозащитные свойства, если деревья имеют высоту не менее 5...8 м, кроны их плотно смыкаются между собой, а пространство под кронами заполнено кустарником. Если деревья посажены в шахматном порядке, полосой, имеющей ширину 10...15 м, то шум уменьшается на 4...5 дБА, а при ширине полосы 16...20 м – на 5...8 дБА. Чтобы снизить шум на 12 дБА, нужно посадить деревья в три ряда (полоса шириной 30 м) [3].

Уровень шума можно снизить размещением на его пути экранов – специальных сооружений: шумозащитных стенок, насыпей, зданий, не требующих защиты от шума, и т. п. Эффект экрана зависит от его высоты, протяженности, расстояния от источника шума и высоты застройки, которую нужно защищать. Снижение шума тем больше, чем больше разность между путем, который проходит звук от источника к жителю в обход экрана, и путем, который он проходил бы без экрана.

Данные приемы по защите жилища от шума требуют дополнительной городской территории, денежных средств на строительство и эксплуатацию искусственных сооружений. Поэтому выбор способов защиты от транспортного шума должен вестись на основе вариантного проектирования с технико-экономической оценкой его результатов.

Таким образом, разработана система шумового мониторинга города, которая, исходя из расчета уровня шума транспортного потока и учета данных об интенсивности транспортного потока, его составе и средней скорости, данных о состоянии дорожного покрытия и типе примыкающей застройки, позволяет визуализировать шумовую карту города.

На основе системы разработаны рекомендации, позволяющие снизить шум у фасадов зданий, наиболее близко расположенных к транспортной магистрали, а также методика размещения инструментальных постов для замера шума.

Список литературы

1. Крейтан, В. Г. Защита жилища от шума // Строительство и архитектура. – М. : Знание. – 1986. – № 7.
2. Осипов, Г. Л. Градостроительные меры борьбы с шумом / Г. Л. Осипов, Б. Г. Прутков, И. А. Шишкин, И. Л. Карагодина. – М. : Стройиздат, 1975. – С. 215.
3. Руководство по разработке карт шума улично-дорожной сети городов / НИИ строительной физики Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1980. – С. 16.
4. Стурман, В. И. Предварительный отчет о научно-исследовательских работах по теме «Выполнение наблюдений и камеральных работ для создания шумовой карты г. Ижевска» / В. И. Стурман, С. А. Гагарин, В. П. Бутенко. – Ижевск : УдГУ, 1998.