

УДК 534:628.517.2

*А.В. НИКИФОРОВ, магистр, А.В. ИВАНОВ, канд. техн. наук, технический директор,  
ООО «ТЕХНОПРОЕКТ» (Санкт-Петербург)*

## Трехмерное моделирование и визуализация шумового загрязнения окружающей среды

*Показано, что трехмерное моделирование и визуализация шумового воздействия с помощью программных средств дают возможность наглядно и подробно оценить акустическую ситуацию на существующей и перспективной селитебной территории с выявлением основных негативных факторов, помогает специалистам выполнить объективную экспертную оценку наличия опасности и разработать обоснованные управленческие решения по защите населения от шума.*

**Ключевые слова:** *трехмерное моделирование, программа расчета, защита от шума, оценка риска здоровью населения.*

В составе требуемой современным законодательством документации по проектированию промышленных, жилых и других общественных объектов, различных транспортных магистралей, важным элементом является экологический раздел, связанный с оценкой и прогнозированием шумового воздействия объекта на окружающую среду и здоровье населения. Зачастую этот раздел является определяющим как с точки зрения необходимости ограничения негативного воздействия от функционирования объекта, так и по объему, сложности и трудоемкости необходимых проектных работ.

Учитывая современные требования к полноте и качеству предоставляемой информации, оценка шумового воздействия без использования специализированных программных продуктов представляет собой чрезвычайно трудоемкую, а зачастую и невыполнимую задачу. Особенно это проявляется для сложных по конфигурации и насыщенным источниками шума объектов и при наличии нерегулярного рельефа местности.

К основным требованиям, предъявляемым на данный момент к указанным программным средствам, относятся: моделирование окружающей градостроительной ситуации и рельефа местности; моделирование дорожно-транспортной сети; моделирование источников шума, различных по геометрической форме и характеру излучения; проведение расчетов в соответствии с установленными нормативными методиками; построение и визуализация шумовых карт местности; вывод табличной и текстовой отчетной информации в точках интереса.

В качестве ведущих западных разработок в данной сфере можно отметить такие программные продукты, как SoundPlan и Predictor-LimA. Несмотря на высокий уровень указанных продуктов, они все же обладают значительным недостатком для отечественных проектировщиков – слабой адаптацией к нормативной документации, используемой в области защиты от шума на территории нашей страны.

Основываясь на многолетнем опыте проведения акустических расчетов в сфере защиты от шума и внедрения

вспомогательного программного обеспечения, группа российских специалистов разработала программное средство АРМ «Акустика» 3D [1], которое помимо выполнения всех перечисленных требований к специализированному программному обеспечению обеспечивало проведение и документирование расчетов в полном соответствии с нормативной базой РФ.

Модель и интерфейс программы АРМ «Акустика» 3D позволяет пользователю конструировать неравномерный рельеф местности с любой степенью детализации, городскую застройку произвольных форм, а также дорожную сеть с многоуровневыми развязками, мостами и эстакадами. Для решения задач распространения шума внутри помещений может быть детально сконструировано и внутреннее устройство здания и помещений.

Построение и редактирование рельефа и сооружений могут проводиться в режиме трехмерной сцены и на плоскости (рис. 1).

Источники шума представлены в программе точечными, линейными и полигональными объектами, которые могут представлять собой шум технологического оборудования, транспорта, производственных операций и т. п. В зависимости от вида источника шума программа предоставляет возможность учитывать его специфику в виде отдельного набора исходных параметров.

При распространении шума сложную задачу представляет собой учет влияния на распространение звука таких основных факторов, как экранирование элементами застройки, отражение звука от объектов застройки, дифракция за препятствия, распространение через арки и проемы, влияние подстилающей поверхности и зеленых насаждений. Реализованные в АРМ «Акустика» 3D алгоритмы базируются на основных положениях ГОСТ 31295.2–2005 «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета» и позволяют учесть в акустическом расчете многообразии факторов, влияющих на распространение шума, при необходимости адаптируя расчетную модель к конкретным условиям. При моделировании распростране-

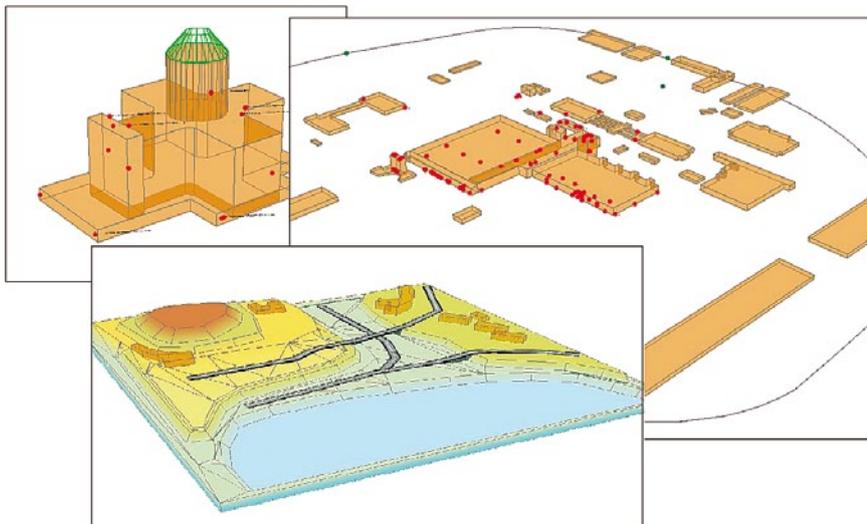


Рис. 1. Трехмерное конструирование и визуализация сложных объектов и рельефа программой АРМ «Акустика» 3D

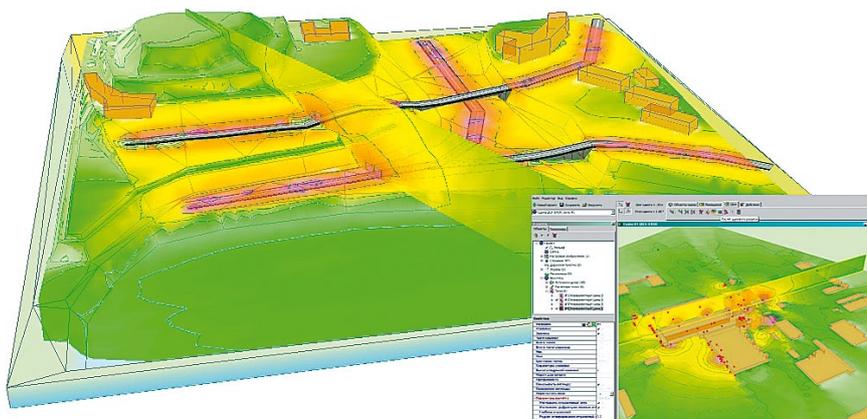


Рис. 2. Построение изолиний уровней шума

ния звука внутри помещений используются положения СНиП 23.03.2003 «Защита от шума».

В ходе разработки создан ряд оригинальных алгоритмов для разбиения линейных и полигональных источников шума на серии эквивалентных точечных источников, трассировки звуковых лучей в условиях сложной застройки и по системе связанных помещений. Большое внимание уделено системе построения и визуализации шумовых полей.

Программа позволяет провести графический анализ акустической обстановки путем построения шумовых карт, 3D поверхностей и разрезов с изолиниями уровней шума (рис. 2), что позволяет выявить критические зоны в плане и по высоте.

При построении шумовых карт для больших по площади районов достаточно часто возникает проблема компромисса между скоростью расчета и плотностью интерполяционной сети. В случае с регулярными сетками, где расчетные точки образуют равномерную решетку, данная проблема может быть решена или разрежением сетки (и ухудшением качества результатов), или значительным по времени периодом расчета. В случае АРМ «Акустика» 3D был выбран другой подход: все сетки расчетных полей в программе триангуляционные. Для них зада-

ется некоторый начальный шаг разбиения, который может быть достаточно большим. При наложении на ситуационный план в сетку вписываются точки всех попавших в зону расчета сечений зданий и сооружений, что детализирует исходную триангуляцию именно в зонах наибольшего для защиты от шума интереса. Также становится возможной дальнейшая детализация шумовой карты пользователем (рис. 3).

Перспективность и целесообразность применения трехмерной визуализации акустических расчетов особенно проявляется в ходе разработки мероприятий по защите населения от шума при рассмотрении крупных промышленных и жилых районов [2].

Помимо графического представления результатов, в программу встроена система построения отчетов в выбранных пользователем расчетных точках. В отчет выводится подробный ход расчета с приведением вкладов каждого из факторов распространения шума (дивергенция, дифракция, отражения, влияние подстилающей, атмосферные условия и др.), а также формул и ссылок на нормативную документацию. Отчет может служить средством аналитического исследования, а также в полной мере информативен для представления материалов на экспертизу в соответствующие контролирующие органы. Корректность вычислений программы подтверждена экспертными заключениями НИИСФ РААСН, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге» и большим количеством экспертных заключений по проектам защиты от шума, выполненным с ее помощью.

Дополнительной, но не менее актуальной на данный момент задачей была реализация на основе программы методики оценки риска населению под воздействием транспортного шума.

Решение рассматриваемой задачи базируется на положениях методических рекомендаций МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума», явившихся плодом многолетних медико-биологических и статистических исследований специалистов Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

В программе реализован функционал, позволяющий исследователю провести оценку риска от воздействия транспортного шума с помощью ряда методик, описанных в МР 2.1.10.0059-12, и наглядно представить их результаты.

Оценка риска разделяется на четыре основных этапа:

- идентификация опасности (определение основных факторов риска, в данном случае характеристик транспортных потоков и уровней их шумового воздействия);
- оценка экспозиции (определение продолжительности и степени воздействия факторов);

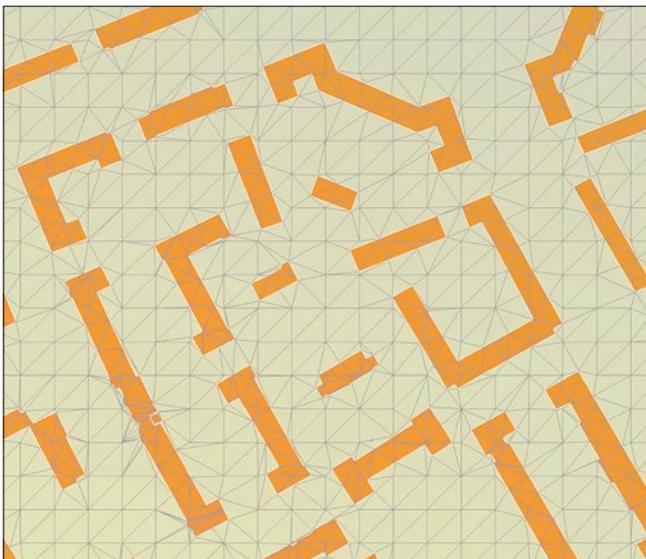


Рис. 3. Построение триангуляционной сети

- оценка зависимости «экспозиция – ответ» (по выявленным закономерностям в ходе медико-биологических или иных исследований);
- характеристика риска (экспертная оценка наличия опасности и принятие управленческих решений).

Этап идентификации опасности при расчетах риска практически совпадает с процедурами ввода и анализа транспортных источников шума в программе и не представляет особых сложностей.

Этап оценки экспозиции включает в себя определение эквивалентных скорректированных уровней дневного ( $L_{day}$ ) и ночного ( $L_{night}$ ) уровней шума, а также эквивалентного уровня средневзвешенного суточного шума ( $L_{den}$ ). В данном случае эти параметры будут представлять оценку воздействия в условиях стабилизировавшейся или прогнозируемой санитарно-гигиенической ситуации.

Оценка зависимости «экспозиция–ответ» осуществляется по соотношениям из табл. 3 МР 2.1.10.0059-12. Необходимо отметить, что зависимости из этой таблицы в основном представляют одночисловую оценку уровня риска при заданном уровне средневзвешенного суточного шума или уровнях дневного или ночного шума и не содержат в себе механизмов учета экспозиции за длительный период времени. Поэтому наиболее интересной выглядит оценка «экспозиция–ответ» с помощью решения системы рекуррентных уравнений (7) из МР 2.1.10.0059-12, используемых для оценки агрегированного риска нарушений сердечно-сосудистой, нервной системы и органов слуха с заданной экспозицией. Эти соотношения позволяют отслеживать динамику риска при заданных уровнях воздействия с течением времени.

На выходе пользователь получает графическую (в виде цветowych карт и разрезов) и табличную информацию по результатам расчетов, которая значительно облегчает за-

ключительный этап анализа – характеристику риска и выявление его основных источников.

Оценочные расчеты агрегированного риска показывают, что даже при достаточно высоких уровнях шумового воздействия значимый уровень риска возникает при экспозиции более 30 лет, при этом наибольшим эффектом обладает риск нарушения сердечно-сосудистой системы, а существенным уровнем воздействия можно считать значения  $L_{den}$  более 65 дБА.

В заключение следует отметить, что трехмерное моделирование и визуализация шумового воздействия с помощью современных программных средств дают возможность подробно и наглядно оценить акустическую ситуацию на существующей и перспективной селитебной территории, а также помогают специалистам выполнить объективную экспертную оценку наличия опасности и разработать обоснованные управленческие решения по защите населения от шума.

### Список литературы

1. Никифоров А.В., Кузьмицкий А.М., Иванов А.В. «АРМ «Акустика» версия 3» // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012612812 от 21.03.2012.
2. Кошурников Д.Н. Опыт 3D визуализации результатов акустических расчетов // Сб. докладов IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации». Санкт-Петербург, 26–28 марта 2013 г. С. 306–309.

Организаторы: Правительство Челябинской области, Министерство промышленности, инфраструктуры и дорожного хозяйства Челябинской области, Челябинская областная организация «СРО Строительный Союз», Челябинский филиал «СРО Строительный Союз»

**6-8 АВГУСТА ЧЕЛЯБИНСК**

**СТРОИТЕЛЬСТВО**  
2013 **ВЫСТАВКА-ФОРУМ**

Выставка-форум «Строительство-2013» продемонстрирует достижения всех участников строительного процесса - от научных разработок до их внедрения, от проектных решений, производства строительных материалов до готовых объектов.

**Разделы выставки:**

- Современные технологии в строительстве
- Строительные конструкции, изделия
- Промышленное строительство
- Гражданское строительство
- Объекты недвижимости
- Малоэтажное строительство
- Строительные материалы и оборудование для их производства
- Строительные комплексы, машины и механизмы
- Наука в строительстве
- Инженерные сети: водо-, тепло-, газо-, электроснабжение
- Вентиляция, кондиционирование
- Оборудование зданий и сооружений
- Дорожное строительство
- Строительно-дорожная техника
- Современные ресурсосберегающие технологии и материалы в строительстве
- Экология в строительстве
- Автоматизация в строительстве и эксплуатации жилья
- Инвестиционные и инновационные проекты
- Зодчество и архитектура

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ:  
КРУГЛЫЕ СТОЛЫ, КОНФЕРЕНЦИИ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ ОТРАСЛИ  
ТОРЖЕСТВЕННЫЙ ПРИЕМ В ЧЕСТЬ  
ДНЯ СТРОИТЕЛЯ

Организатор:  
1 Паровое выставочное и конференционное пространство  
pvo74.ru

ДС «Юность», Свердловский пр., 51  
Тел.: (351) 215-88-77, 231-37-41 www.pvo74.ru

Сайт программы АРМ «Акустика» 3D:

[www.noiseview.ru](http://www.noiseview.ru)

Copyright ООО «ТЕХНОПРОЕКТ»

e-mail: [sales@noiseview.ru](mailto:sales@noiseview.ru), тел. +7(904)331-51-71