

Современные подходы к контролю шума от подвижного состава и созданию шумовых карт железных дорог



Ю. В. Зеленко,
д-р техн. наук, профессор,
заведующая кафедрой
химии и инженерной
экологии Днепропетровского
национального
университета
железнодорожного
транспорта имени
академика В. Лазаряна
(ДИИТ)



С. В. Мямлин,
д-р техн. наук, профессор,
проректор по научной
работе ДИИТ



Л. А. Недужая,
канд. техн. наук, доцент
кафедры строительной
механики ДИИТ

Сегодня в промышленно развитых странах введены ограничения предельных параметров шума на законодательном уровне. Это Правила ЕЭК ООН, директивы, стандарты серии ISO и т. д. [3, 4].

Анализ статистических данных и результатов параметрических исследований подтверждает, что основным источником шумового загрязнения на железнодорожном транспорте выступает подвижной состав, точнее, взаимодействие в системе «колесо – рельс». Отметим, что после детального анализа указанной проблемы на предпроектной стадии можно учесть большую часть факторов, влияющих на систему, и выбрать наиболее перспективный метод снижения шума в источнике.

Проблема снижения шума на железнодорожном транспорте занимает особое место среди важнейших проблем техносферы. Рассмотрены современные методики измерения и анализа акустических параметров. Предложены концептуальные подходы к прогнозированию шумовых характеристик и построению шумовых карт железных дорог.

Наиболее перспективно такое направление снижения шумов на транспорте, как контроль виброакустических и технических параметров двигателя. Многие характеристики двигателя: мощность, экономичность, массогабаритные показатели – в основном определяются конъюнктурными соображениями. Тенденция усиления требований к акустическим качествам подвижного состава и необходимость соответствовать требованиям ограничительных норм выдвинули виброакустические характеристики в число основных показателей, обуславливающих конкурентоспособность транспортных средств на мировом рынке.

Нормирование шума выполняется, чтобы установить предельно допустимые значения уровня шума на рабочих местах. Такой уровень шума при постоянном воздействии в течение восьмичасового рабочего дня не может служить причиной заболеваний человека.

Исследованиями шумов от объектов железнодорожного транспорта занимаются давно, но и сегодня эта проблема остается весьма актуальной в связи с резким увеличением уровня шума, значительно превышающего допустимые нормы [3, 4, 14]. «Шумовой смог», на фоне которого проживает большая часть населения Европы, достиг уровня вредного воздействия на жизнь и здоровье людей и отнесен к разряду глобальных урбоэкологических проблем, поэтому в последнее время Евросоюз обратил серьезное внимание на исследование шумов и вибраций от железнодорожного транспорта, создание шумовых карт,

разработку методов уменьшения уровня вибраций и шумов [15, 16].

Так, сегодня во многих странах разработаны и применяются математические модели для предотвращения распространения шума на железнодорожном транспорте: RMR, SRM II (Нидерланды, страны ЕС); Schall03, Schall Transrapid, VBUSch (Германия); Schall 03 new (Германия); DIN 18005 (Германия); ONR 305011 (Австрия); Semibel (Швейцария); NMPB-Fer (Франция); CRN (Великобритания); TemaNord 1996: 524 (Скандинавия); FTA/FRA (США); Nordic (Норвегия); Harmonise (Европа); Imagine (Европа).

Приведем некоторые требования директивы ЕК 2001/16 в сфере нормирования шума от железнодорожного подвижного состава, разработанной Европейским парламентом и Советом ЕС и опубликованной в официальном бюллетене европейских государств. В транспортную политику Совета ЕС включены современные стратегии решения задач сохранения окружающей среды и устойчивого развития, где на первый план выдвинута необходимость активных действий по уменьшению негативного воздействия транспорта на окружающую среду [3–5].

Планируя новые транспортные магистрали, жилую застройку и разрабатывая планы развития территорий, необходимо оценивать возможное негативное действие шума от подвижного состава железных дорог на приагглюмеральную территорию. До сих пор для построения карт шума преимущественно использовались инженерные ме-

тодики расчета, где предусмотрен ручной труд специалиста для оценки воздействия шума. Сегодня разработаны программные комплексы, с помощью которых можно выполнить компьютерное моделирование примыкающей территории и определить степень шумового загрязнения. Отметим высокую трудоемкость существующих методов, требующих соответствующего аппаратного обеспечения. Кроме того, к негативным особенностям современных программных комплексов следует отнести использование традиционных инженерных приемов, которые плохо поддаются алгоритмизации и характеризуются недостаточно формальными критериями. Использование эмпирических алгоритмов связано с потенциальной проблемой низкой точности и малой достоверности.

Одно из альтернативных эффективных решений задач моделирования транспортных шумов – метод прямой трассировки лучей на векторно-растровых моделях, который обеспечивает относительно высокую достоверность результатов. Такой подход стал основой для разработанного итеративного алгоритма расчета эквивалентных уровней шумового загрязнения жилой территории от транспортного шума.

Алгоритм, описанный в работах [3, 6, 7], благодаря детальному рассмотрению ключевых шагов дает возможность анализа различных аспектов реализации с выделением ключевых этапов. Для базовой версии алгоритма приведены оценка максимальной трудоемкости и вариации алгоритма, учитывающие дополнительные критерии. Для параллельных вычислений предлагаются варианты алгоритма для SMP (Symmetrical MultiProcessing) и кластерных вычислительных систем.

Пример реализации предложенного в указанных работах алгоритма – это программа расчета эквивалентных уровней шумового загрязнения Noise Tracer. Программа рассчитана на работу с предварительно заданной векторно-растровой моделью данных и позволяет использовать карту высот и этажности для моделирования местности. В качестве атрибутивной составляющей используются RGB-каналы растровой субмодели, которая позволяет задавать различные характеристики объектов без выделения дополнительной памяти.

Результаты работы программы отображаются на растровой карте, на которой приведены значения эквивалентного шума в каждой исходной точке. Визуально карта может быть представлена в виде изображения, на котором интенсивность красного цветового канала отражает уровень шумового загрязнения в каждой точке, или в виде изолиний, которые задают наборы точек с одинаковыми уровнями эквивалентного шума.

Сегодня целый ряд причин препятствует созданию и использованию автоматизированных средств расчета и моделирования загрязнения окружающей среды. Главная причина заключается в том, что задания оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) характеризуются большим объемом вспомогательных вычислений. При этом для достижения точных результатов моделирования процесс расчета может быть итеративным. Чтобы использовать такие системы моделирования, необходимы значительные вычислительные ресурсы.

Другая возможная причина заключается в повышенных требованиях к точности исходных картографических данных. Создание точных моделей местности достаточно трудоемко, часто цифровых карт городов нет или они имеют низкую точность.

Перспективным решением в этом направлении может оказаться создание полуавтоматизированных программных продуктов. Они не будут полностью автономными системами, но ускорят работу эксперта. В этом случае может быть достигнут определенный компромисс между эффективностью расчета на ЭВМ без использования значительных вычислительных мощностей и необходимостью использования ручного труда специалиста.

В тех случаях, когда непосредственное моделирование процесса распространения шума нецелесообразно, может быть применен другой подход. Он базируется на использовании статистических оценок, характеризующих типовые источники транспортного шума в городах и особенности распространения звуковых волн на жилой территории.

Из современных систем этого класса можно отметить FHWA Traffic Noise Model, разработанную по заказу Федерального управления магистралями (подразделение Департамента транспорта США). К особенностям этого программного комплекса можно отнести

моделирование пяти различных видов автотранспортных средств, расчет для непрерывного и прерывистого транспортного потока. Кроме того, предусмотрены анализ различного профиля дороги и учет шумозащитных барьеров.

Специфическая особенность программных реализаций различных методов решения задач ОВОС следующая: все расчеты преимущественно выполняются на точной векторной модели, а конечный результат целесообразно представлять на растровой модели. Это объясняется тем, что конечная цель таких задач состоит в нахождении областей с определенным значением показателя и высокая точность задания указанной области часто не нужна.

За последние десятилетия разработки обычных шумоизоляционных устройств в плане выбора материала, формообразования и местоположения относительно оси излучения звука продвинулись далеко вперед и значительно влияют на акустику.

Новые параметры шумоизлучения, а значит, и эффективность принятых мер по снижению его уровня определяют, как уже отмечалось [2, 3, 10], исходя из рентабельности и растущих экологических требований.

Понятно, что расчет нужно начать на соответствующей модели и определить, в какой мере можно уменьшить акустически активную площадь шумозащитных ограждений, чтобы их действие оставалась достаточно эффективной. С этой целью в Австрии по поручению руководства ÖBB на протяжении последних лет компанией-оператором инфраструктуры ÖBB Infrastruktur был проведен ряд исследований, в том числе реализован проект «Определение влияния на инвестиции ÖBB Infrastruktur Вау шумозащитных мероприятий на грузовых поездах» [1, 3, 12].

Для сценария «Ночной грузовой поезд» рассмотрены 45 базовых участков сети ÖBB, определено, на какую величину можно сократить акустически активную площадь шумозащитных стенок при использовании на подвижном составе различных устройств, снижающих шум (в частности, тормозных колодок с накладками типов K и LL).

Расчет на модели для используемых или планируемых проектов защиты от шума на сети ÖBB дал следующие результаты: снизив уровень излучения шума грузовым парком на 8 дБ (А), расходы, требуемые на инфраструктур-

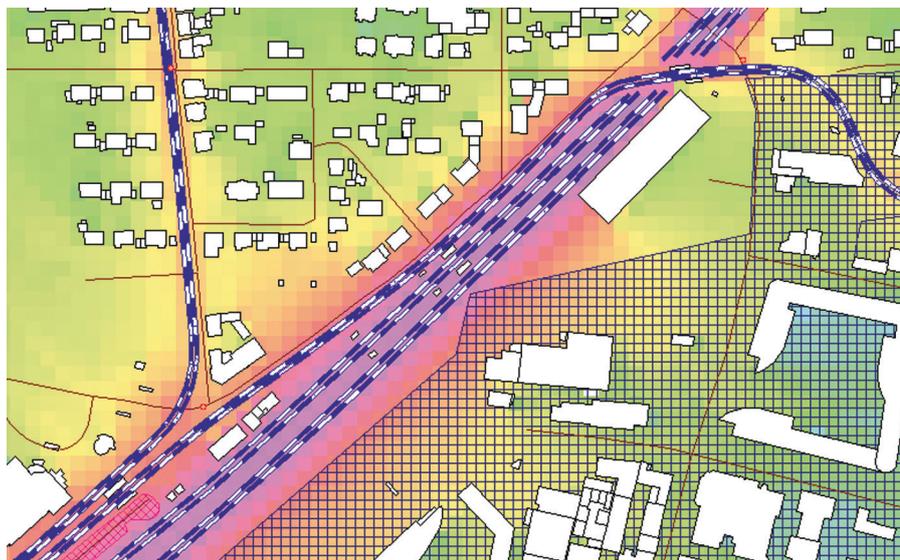


Рис. 1. Моделирование распространения шума от железной дороги

ные мероприятия шумозащиты, можно уменьшить более чем на треть (на 43%).

При оснащении всех видов подвижного состава современным шумозащитным оборудованием (дисковыми тормозами, композиционными тормозными накладками) расходы на такие инфраструктурные мероприятия, как сооружение шумозащитных стенок и установка в близлежащих домах шумоизоляционных окон, можно снизить на две трети (66%).

Во время исследований расходы на шумозащиту составляли в среднем 30 млн евро в год. При пересчете результатов исследования на эту величину имеем, что в зависимости от сценария экономия затрат могла бы составить, соответственно, 10 и 17 млн евро.

В соответствии с директивой об оценке и управлении шумом 2002/49/ЕС в тех странах – членах Евросоюза, где не разработан национальный метод оценки железнодорожного шума, рекомен-

дован к применению нидерландский метод RMR. Пример моделирования распространения шума от железной дороги, точнее, от движущегося подвижного состава приведен на рис. 1 [2, 3].

Программное обеспечение виброакустического моделирования построено таким образом, чтобы железнодорожный шум вычислялся в соответствии с национальными и международными директивами или такими действующими методиками и процедурами, как, например, Schall 03 (Германия), NMPB-Fer (Франция), DIN 18005 (Германия), CRN (Великобритания), SRM II (страны ЕС), ÖNorm S 5011 (Австрия), Semibel (Швейцария). Так, на рис. 2 изображен пример построения шумовой карты в новостройках поблизости от Мюнхенского Центрального вокзала (Германия). Построение выполнено с использованием программы CadnaA-model со строящимся символом оценки для ряда зданий.

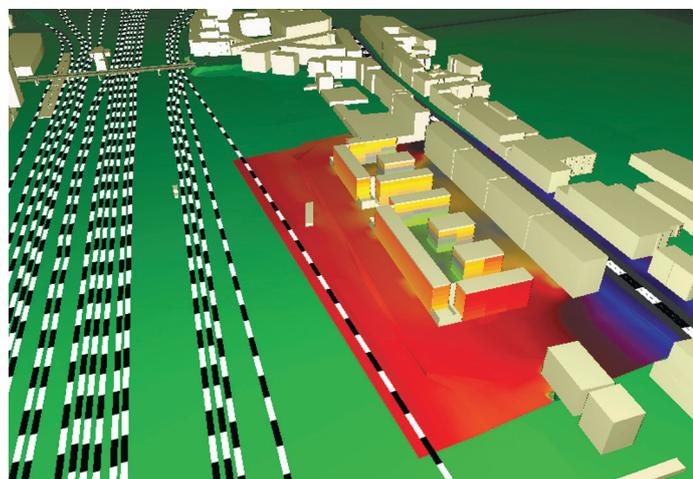


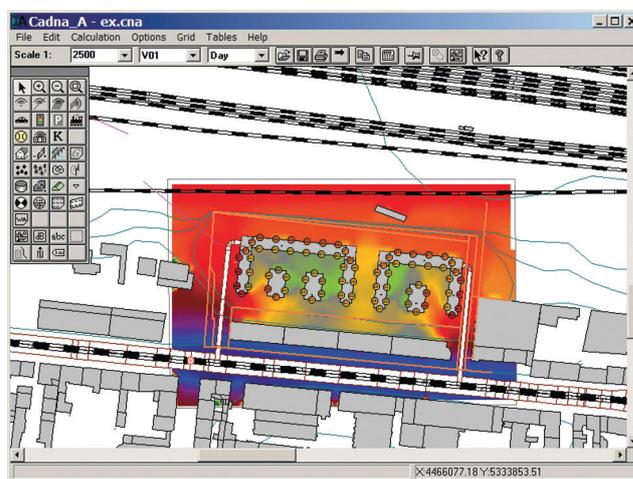
Рис. 2. Пример моделирования шума возле железнодорожного вокзала

Программа предусматривает следующий порядок операций: импортирование данных; проверка и совершенствование модели; определение горизонтальных решеток (для каждого шумового типа, для полного шума – построение стратегических шумовых карт); вычисление шумовых характеристик на фасадах и диктующих объектах; импорт или оценка резидентов в каждом здании или объекте; расчет распространения (интерференции и дифракции) звуковых волн; модификация шумовой карты с использованием результатов измерений [3, 11–13].

Порядок формирования шумовых карт базируется на детальном изучении позиционирования исследуемого объекта и послойном наложении объемов информации, организованных в базы данных.

Виброакустические характеристики железнодорожного подвижного состава в значительной степени зависят от нагрузок, которым подвергается его конструкция, и от сложных результирующих взаимодействий между многочисленными компонентами и соединениями, поэтому правильным был бы подход к проектированию подвижного состава с учетом шума и вибрации в форме оптимизации конструкции рельсового экипажа как общей механической многомассовой системы, начиная с самых ранних стадий разработки концепции.

Таким образом, авторами предложена методология изучения шумовой нагрузки от подвижного состава железных дорог с учетом многофакторности процесса формирования шума и вибраций, что позволяет систематизировать это воздействие на окружающую среду



в виде шумовых карт, а также прогнозировать возможные средства защиты от неблагоприятного шумового воздействия подвижного состава. ■

Литература

1. Гашение шума качения // Железные дороги мира. 2012. № 10. С. 54–57.
2. Гончаренко Б.И. Шумы на низких звуковых частотах // Локомотив. 2010. № 9. С. 72–73.
3. Мямлін С.В., Зеленько Ю.В., Недужа Л.О. Параметрична екологія на залізничному транспорті. Принципи, оцінка, контроль, безпека. Д.: Літограф, 2014. 203 с.
4. Попов В.И., Балцкарс П.Я., Барановский А.Е. Шум от железнодорожного транспорта. Математическая модель CRN // 47nd. Int. Sci. Conf. Oct. 11–13, 2008, Riga: Scientific proceedings of Riga Technical University, Transport and Engineering, Railway Transport, Sēr. 6, Sējums 12, 2008. (CD-ROM).
5. Попов В.И., Балцкарс П.Я., Барановский А.Е., Ильина Л.Б. Экспериментальные исследования уровней шумов от железнодорожного транспорта в районе железнодорожной станции Доле // 47nd. Int. Sci. Conf. Oct. 11–13, 2008, Riga: Scientific proceedings of Riga Technical University, Transport and Engineering, Railway Transport, Sēr. 6, Sējums 12, 2008. (CD-ROM).
6. Овсянников С.Н., Овсянников М.С. Расчет эквивалентных уровней шумового загрязнения селитебной территории методом обратной трассировки на растре // Вестн. Томск. гос. ун-та. Серия Управление, вычислительная техника и информатика. 2008. № 1 (2). С. 50–56.
7. Программный модуль «Расчет шума от транспортных потоков» / Фирма «Интеграл», СПб. URL: http://www.integral.ru/program.php?action=proglis&id_rzd=13&id_prog=100.
8. Системная оценка мероприятий по защите от шума // Железные дороги мира. 2013. № 6. С. 72–77.
9. Снижение шума в зданиях и жилых районах / под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина. М.: Стройиздат, 1987. 558 с.
10. СНиП 23-03-2003. Защита от шума / Госстрой России. М.: Стройиздат, 2003.
11. Снижение шума за счет направляемых колесных пар // Железные дороги мира. 1998. № 12. С. 40–47.
12. Снижение уровня шума за счет непрерывного опирания рельсов // Железные дороги мира. 2008. № 5. С. 76–77.
13. Овсянников С.Н., Самохвалов А.С., Мельник В.П., Овсянников М.С. Шумозащитные мероприятия для зданий на приагистральных территориях городов // Вестн. Томск. гос. архитектурно-строит. ун-та. 2007. № 3.
14. Шум от грузовых поездов // Железные дороги мира. 2013. № 8. С. 54–56.
15. Тен А.А., Мямлин С.В., Недужая Л.А., Юрцевич И.В. Совершенствование конструкции тележек грузовых вагонов // Тезисы докл. VII Междунар. науч.-техн. конф. «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». СПб., 2011. С. 88–89.
16. Myamlin S., Neduzha L., Shvets A. Investigation of the influence of vibration from locomotive on the machinist's organism // Тез. докл. VIII Междунар. науч.-техн. конф. «Железнодорожный транспорт XXI века: идеи, требования, проекты». СПб., 2013. С. 215–217.