

и в конце морозного периода. Влажность грунтов основания определялась весовым методом, пробы грунта отбирались при контрольном бурении скважин.

Результаты наблюдений за вертикальными деформациями покрытия показаны на рисунке. Наибольшие деформации произошли в первый год после устройства искусственного основания. За осенне-зимний сезон поверхность покрытия переместилась вверх в контролируемых точках на величины от 22 до 38 мм. За весенне-летний период и последующее время поверхность не возвратилась в исходное положение. Часть деформаций оказалась необратимой. Новый нижний уровень поверхности установился в среднем на 20 мм выше первоначального.

Сезонные колебания поверхности в последующие годы происходили над этим новым уровнем и (за исключением плиты 1 во второй год наблюдений) не превышали предельно допустимой величины деформаций 25 мм. К третьему году сезонные колебания поверхности приобрели симметричный циклический характер, что свидетельствует об установившемся режиме природных тепло-массопереносных процессов в основании покрытия. Среднее отклонение точек поверхности составило 13 мм, максимальная наблюдаемая амплитуда 20 мм.

Визуальным осмотром покрытия дефектов в виде трещин, уступов, сколов кромок и других не обнаружено.

Изучение влажностного состояния основания контрольным бурением показало следующее. Влажность суглинистого заполнителя гравийного грунта в противоположном слое, равная во время устройства покрытия 11—16 %, к концу третьего года наблюдений увеличилась в среднем на 4—6 % и составила 16—22 %. Влажность грунтов естественного основания осталась без изменений.

Наблюдаемые деформации аэродромной одежды вызваны двумя факторами. Экранирующее влияние армобетонного покрытия и сезонная миграция воды в грунтах привели к перераспределению влаги в основании, накоплению ее в верхних слоях и повышению влажности противоположного слоя, что в свою очередь вызвало набухание суглинистого заполнителя. Одновременно с этим происходило промерзание и морозное пучение грунта.

Можно считать, что необратимый равномерный подъем покрытия в первом годичном цикле вызван набуханием заполнителя гравийного грунта, а циклические колебания поверхности связаны с пучением грунтов при промерзании и набуханием их вследствие сезонных колебаний влажности.

Наиболее интенсивно процесс перераспределения влаги в основании и связанные с этим деформации происходили в первый год после его устройства. К третьему году природные тепло-массопереносные процессы стабилизировались.

Деформации морозного пучения грунтов близки к величинам, определенным по методике СНиП 2.05.08-85, и не превысили расчетного предельного значения. Нуждается в изучении вопрос о назначении степени уплотнения набухающего грунта в основании с учетом его деформационных свойств.

#### Литература

1. Сорочан Е. А. Строительство сооружений на набухающих грунтах. М.: Стройиздат, 1974. 225 с.
2. Попов В. Н. Опыт установки геодезических центров в набухающих глинистых грунтах // Геодезия и картография, 1986, № 11, с. 18—20.
3. Долинченко В. А., Кульчицкий В. А., Усанов С. А. Воздействие деформаций морозного пучения на аэродромное покрытие // Основания, фундаменты и механика грунтов, 1990, № 1, с. 14.
4. Усанов С. А. Влияние крупных включений на морозное пучение грунтов // Автомобильные дороги, 1990, № 2, с. 11, 12.



УДК 625.7.098

## Спектральный анализ транспортного шума

Д-р техн. наук, проф. И. И. ЛЕОНОВИЧ,  
инж. Е. В. КАШЕВСКАЯ (БГПА)

Для решения задачи защиты населения от транспортного шума важно иметь реальное представление о многоплановости этой проблемы. Ведь с точки зрения физиологии шум — это слуховое ощущение, а с точки зрения физики — механические колебания, распространяющиеся в виде волнового движения в воздухе и других упругих средах. Однако не все звуковые волны вызывают одинаковые слуховые ощущения; например, ультразвук вообще не воспринимается человеческим ухом.

Транспортный шум имеет определенный частотный спектр, изменяемый в слышимом диапазоне 16—22 кГц, причем частоты имеют различную степень воздействия на человеческий организм. Ученые считают, что наиболее неблагоприятными для восприятия человеческим ухом являются звуковые частоты 1000—2000 Гц. Поэтому при разработке мер по защите населения от шума важны исследования спектра звуковой эмиссии транспортных потоков.

Для решения проблемы защиты придорожных территорий от вредного воздействия транспортного шума нами были проведены исследования. Во-первых, изучался спектр шума и его изменение с увеличением расстояния от источника звука, во-вторых, исследовалась зависимость частотных характеристик шума от параметров транспортных потоков (интенсивности и состава движения) и дорожных условий (типа покрытия, продольного уклона, поперечного профиля и элементов плана трассы).

Исследования проводились на автомобильной дороге I категории Минск — Слуцк — Микашевичи. Для измерений использовали точный импульсный шумомер 00 023, позволяющий фиксировать третьоктавный и октавный спектры звукового излучения. Была применена стандартная методика Руководства по разработке карт шума улично-дорожной сети городов (М.: Стройиздат, 1980), адаптированная к конкретным задачам исследований.

Изучение спектра транспортного шума и его изменений с увеличением расстояния от источника проводилось в местах наибольшего акустического дискомфорта (перекрестки, развязки, полосы разгона и торможения). Для выявления закономерностей затухания частотных составляющих спектра с увеличением расстояния от дороги (условия распространения звуковой волны на притрассовой территории сопоставимы между собой) шумомер устанавливали соответственно в 7,5; 15; 30 и 60 м от середины крайней полосы движения на высоте 1,2 м от поверхности земли.

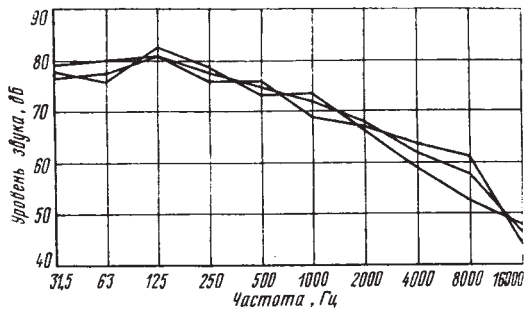


Рис. 1. Спектры транспортного шума (автомобильная дорога Минск—Слуцк—Микашевичи)

Эксперимент по изучению спектра шума проводился как самостоятельный этап исследований и как составная часть исследований по выявлению влияния параметров транспортных потоков и дорожных условий на эмиссию шума и его частотные характеристики. В ходе экспериментов менялись граничные условия параметров потока и автомобильной дороги с сохранением прочих равных условий для сравнимости результатов.

Данные полевых измерений были обработаны на ЭВМ. На основании полученных результатов построены спектры транспортного шума, измеренного на автомобильной дороге I категории Минск—Слуцк—Микашевичи в сухую безветренную погоду. В месте проведения измерений дорога имеет асфальтобетонное покрытие в хорошем состоянии, четыре полосы движения с разделительной полосой. На момент проведения измерений фактическая часовая интенсивность движения составляла 10 470 авт./ч при следующем составе транспортного потока, %: легковые автомобили 54; грузовые 41; автобусы 4; мотоциклы 1. Средняя скорость движения составляла 80 км/ч. Построены графики изменения частотных составляющих с увеличением расстояния от источника звука (рис. 1 и 2).

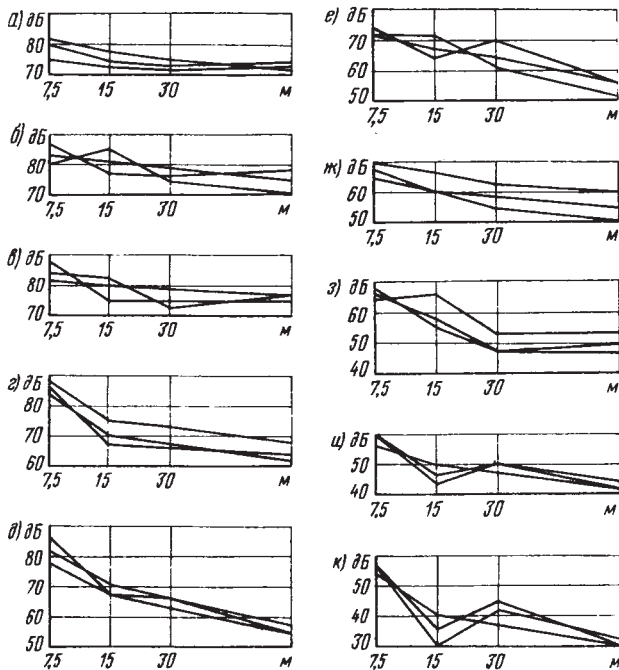


Рис. 2. Изменение спектров транспортного шума с увеличением расстояния от источника для различных звуковых частот: а—к — соответственно 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16 000 Гц

Анализ полученного материала позволяет сделать некоторые обобщения. Несмотря на достаточную хаотичность и разброс частотных характеристик по шкале уровней, заметно, что наибольшей величины уровень звукового давления октавных полос достигает на частотах до 500 Гц — 80—90 дБ и более. Скачки частотного спектра (пока ученые затрудняются объяснить их физическую сущность, так же как и провалов) наблюдаются чаще всего на частоте 63 и 125 Гц — величина октавных уровней шума в этом диапазоне колеблется в пределах 30 дБ по абсолютной величине. Эти частоты характерны тем, что на них можно наблюдать как очень высокие уровни звука, выпадающие из общего спектра (до 95 дБ), так и более низкие, характерные обычно для диапазона частот 1000—4000 Гц — до 65—60 дБ и ниже.

С частоты 500 Гц наблюдается устойчивая тенденция снижения частотных характеристик, причем эта граница (500 Гц) не зависит ни от изменения расстояния от источника шума, ни от вариации параметров транспортного потока и дорожных условий. Следует также отметить, что, несмотря на стабильное снижение величины звукового давления, начиная с частоты 500 Гц, в октавных полосах с серединой частотой наиболее опасной для восприятия человеком (1000 и 2000 Гц) наблюдаются довольно высокие уровни звука (границы колеблются от 80 до 60 дБ и зависят от совокупности дорожных условий и параметров транспортного потока). Отметим, что санитарные нормы предусматривают предельные значения октавных уровней звука на этих частотах соответственно 40 и 37 дБ (при норме эквивалентного уровня звукового давления 45 дБА).

Что касается изменения величины частотных октавных характеристик спектра в зависимости от расстояния от источника звукового излучения, то заметно, что снижение уровней звукового давления фиксированных октавных полос не следует общей закономерности снижения эквивалентного уровня звука — 3 дБ на удвоенное расстояние. Этот процесс не является четкой закономерностью для октавных уровней звука. Однако снижение эквивалентных уровней звукового давления наблюдается в теоретических пределах.

Следует также отметить, что на графиках изменения спектров транспортного шума с увеличением расстояния от источника для частот 63, 125, 8000 и 16 000 Гц заметны скачки увеличения октавного уровня с удалением от источника. Этот процесс сложно объяснить с точки зрения законов затухания звуковых волн. Может быть, это обусловлено тем, что шум — статистический ряд непостоянных звуков и в принципе величина случайная.

Однако общая закономерность снижения октавных уровней звукового давления с увеличением расстояния от источника звука сохраняется, хотя и разной интенсивности. Наибольшая интенсивность наблюдается на частоте 500 Гц, а также 250, 4000 и 16 000 Гц. Однако, несмотря на довольно резкое снижение некоторых октавных уровней, величина эквивалентного уровня звукового давления более стабильна, и ее снижение с удалением от источника идет крайне медленно.

Что касается наиболее опасных для восприятия человеком частот 1000 и 2000 Гц, то результаты исследований позволяют предположить, что на расстоянии 120 м от источника шумового загрязнения октавные уровни звукового давления, соответствующие этим частотам, достигают интервала предельных значений, установленных санитарными нормами.

При преобладании в составе транспортного потока грузовых автомобилей существенное влияние на спектр шума оказывают лишь дорожные условия (преиму-

шественно резкое увеличение продольного уклона дороги и смена типа покрытия). Этот вопрос заслуживает особого внимания и требует специального изучения.

Однако проведенные нами исследования позволяют сделать следующие выводы:

транспортный шум имеет достаточно широкий спектр, но на организм человека наибольшее воздействие оказывают шумовые процессы, которые характеризуются частотой 1000 и 2000 Гц и амплитуда (уровень октавного звукового давления) которых колеблется от 60 до 80 дБ, что значительно превышает нормативную величину;

исследования изменения спектров транспортного шума с удалением от источника звука показали, что при расположении застройки дальше 120 м от дороги можно обеспечить экологически чистую обстановку на частотах 1000 и 2000 Гц, наиболее опасных для человека;

очевидно, что дорожные условия существенно влияют на качественный характер спектров генерируемых шумов. Силами дорожно-эксплуатационных служб можно снизить шумовую эмиссию, обеспечивая соответствующую текстуру и ровность покрытия автомобильных дорог. Однако такие параметры магистралей, как продольный уклон, радиусы кривых в плане, желательны нормировать в зависимости от их влияния на шумовую эмиссию уже на стадии проектирования дорог, что важно отразить в нормативных документах.

---

УДК 625.855.3.068.1.08:330.15

## Натрубный мокрый пылеуловитель

Канд. техн. наук С. В. ПОРАДЕК,  
инж. П. С. ФУРСИК (*Союздорнии*)

Асфальтосмесительные установки Тельтомат, к сожалению, были закуплены без ступени санитарной очистки отходящих газов от пыли. Поэтому начиная с 1989 г., когда экологические требования к производственным предприятиям существенно возросли, дорожникам приходится сталкиваться с проблемой дооснащения своих установок третьей мокрой ступенью очистки.

Имеется несколько технических решений, которые получили производственную апробацию, каждое из которых имеет свои преимущества и недостатки. Например, наши литовские коллеги на установках Тельтомат применили стандартный пылеуловитель — скоростной газопромыватель СИОТ № 8. Результаты получены в целом положительные. Степень очистки при перепаде давления 800 Па достаточно высокая. Улавливается 50% частиц размером 1,5 мкм. К недостаткам применения СИОТ следует отнести большую трудоемкость изготовления и металлоемкость (масса вместе с опорной конструкцией около 7 т), а также большой циркуляционный расход воды (около 35 м<sup>3</sup>/ч). Кроме того, при работе нередко образование наростов на внутренних поверхностях из-за их неравномерного орошения водой. Большой расход воды требует соответственный объем шламоотстойника, так как рекомендуемое время отстоя шлама в грязном отсеке должно быть в среднем около 1 ч.

Другим техническим решением мокрого пылеулавливания для АБЗ являются пенные аппараты. Пылеуловители этого типа на смесительных установках в отечественной и зарубежной практике широкого применения не получили. Однако остановиться на них следует, так как они рекламируются, в частности, Кишиневским кооперативом МИДАС.

Применение пенных аппаратов для улавливания «легочной» пыли (частицы размером 0,5—2 мкм) рекомендовано быть не может, так как при перепаде давления, соответствующем располагаемому напору дымососа (~600—800 Па), улавливается 50% частиц размером около 6 мкм, что имеет несущественное санитарное значение. Характерно, что организации, рекламирующие аппараты пенного типа для асфальтосмесительных установок, не сообщают об их эффективности для диапазона частиц, опасных для здоровья, а сведения об общей эффективности улавливания 98% и даже 99% без привязки к размерам частиц рассчитаны на неспециалистов.

Любые мокрые контактные аппараты, в том числе не относящиеся к пылеуловителям, захватывают твердые частицы, находящиеся в газовом потоке. Вопрос в том, какие и с какой эффективностью. Разумеется, если ступень сухой очистки работает плохо, например когда циклоны из-за присосов снизу пропускают даже частицы 20—50 мкм, то пенный аппарат улучшит визуально наблюдаемую картину, а общая эффективность очистки составит вместо 90%, например, 98% (т. е. проскок уменьшится в 5 раз). Однако это не будет иметь интересующего нас санитарного значения. Необходимо достичь хотя бы общей эффективности 99,5%, а концентрация пыли в отходящих газах должна быть, по крайней мере, не более 250 мг/м<sup>3</sup>.

Заслуживающим внимание специалистов является техническое решение мокрого пылеуловителя для установок Тельтомат, предложенное и реализованное Л. И. Чесноковым («Автомобильные дороги», № 1, 1992).

Это скруббер Вентури прямоугольного сечения с последующим газоходом в виде колена 180°, которое вводит поток газов тангенциально в дымовую трубу. Труба в этом случае используется в качестве центробежного брызгоуловителя, поскольку при повороте в колене заметного брызгоулавливания не произойдет. В качестве стандартных брызгоуловителей для таких аппаратов (Вентури), которые по классификации называются коагуляционными мокрыми пылеуловителями (КМП), обычно применяются циклонные устройства. (Методические рекомендации по расчету мокрых пылеуловителей АЗ-679. М.: ГПИ Сантехпроект, 1976, с. 64). Для полного брызгоулавливания необходимы определенные условия, которых, конечно, в обычном повороте газохода нет.

Известно, однако, что капли шлама представляют определенную абразивную опасность. К сожалению, в данном случае труба является несущей и ее стенка в поясе входа газов с брызгами будет изнашиваться. Организациям, применившим эту конструкцию, необходимо укрепить секцию трубы в месте входа газов дополнительными ребрами, обеспечивающими необходимую прочность. К тому же такое техническое решение можно применить только для установок выпуска до 1989 г. с дымовой трубой диаметром 1000 мм. Для новых установок с трубой диаметром 800 мм использовать ее в качестве циклонного брызгоуловителя, к сожалению, нельзя.

Применение мокрых пылеуловителей любого принципа действия обостряет опасность сернистой коррозии дымовой трубы там, где работают на сернистых мазутах и кислых каменных материалах. Щелочные каменные материалы уже в барабане улавливают кислые окислы из дымовых газов.

Сочетание абразивного и химического воздействия капель шлама может привести к быстрому разрушению