

УДК 629.3

А. В. Кочергин, Г. И. Павлов, С. Ю. Гармонов, О. Р. Ситников,
К. А. Кочергина, Л. Н. Саматова, А. И. Ахметшина, А. Е. Егоров

ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ ШУМА, ИЗЛУЧАЕМОГО ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НЕПОДВИЖНОГО АВТОМОБИЛЯ «КАМАЗ»

Ключевые слова: шум, звуковое давление, двигатель, выхлопная струя, диаграмма, микрофон.

В работе приведены результаты экспериментальных исследований шума, излучаемого неподвижным автомобильным транспортом. Установлено, что основными источниками шума двигателя внутреннего сгорания автомобиля «КАМАЗ», работающего на постоянных оборотах коленчатого вала, являются: шум струи выхлопных газов; шум вентилятора; шум всасывания воздуха в воздухопровод. Интенсивность шума, излучаемого этими источниками, зависит от числа оборотов двигателя и направления наблюдения относительно продольной оси автомобиля.

Keywords: noise, sound pressure, the engine, the exhaust jet, chart, microphone.

The results of experimental studies of noise, reproduced by stationary motor vehicles, describes in this work. Found that the main sources of noise of internal combustion engine of KAMAZ operating at constant speed of the crankshaft are: the noise of the jet exhaust, fan noise and the noise of the air intake into the duct. The intensity of the noise, emitted by these sources, depends on the engine speed and on the viewing direction relative to the longitudinal axis of the vehicle.

Введение

Шум – одна из форм физической среды жизни. Влияние шума на организм зависит от возраста, слуховой чувствительности, продолжительности действия, характера шума. Он мешает нормальному отдыху, вызывает заболевания органов слуха, способствует увеличению числа других заболеваний, угнетающе действует на психику человека [1,2]. Сильный шум может способствовать возникновению несчастных случаев, так как на фоне этого шума не слышно сигналов транспорта и др. В крупных населенных пунктах основным источником шума является автомобильный транспорт и различные производства [3]. Автомобили являются преобладающим источником интенсивного и длительного шума. Из всех видов транспорта в городских условиях автомобильный транспорт оказывает наиболее неблагоприятное акустическое воздействие. Поэтому вопросы исследования параметров шума автомобильного транспорта является приоритетной задачей. Результаты исследований рекомендуется использовать как исходные данные для разработки технических предложений по снижению шума двигателя и проведения профилактических мероприятий по влиянию шума на организм человека.

Экспериментальная часть: измерение уровня звукового давления в окружающей среде и спектральный анализ

Во время работы от двигателя внутреннего сгорания распространяется шум различного характера. Для определения местоположения источников шума и определения их характеристик необходимо зондировать акустическое поле. Это возможно при использовании многоканального акустического измерительного комплекса. Акустические

измерения проводились двумя спаренными многофункциональными измерительными приборами «Экофизика», соответствующими стандарту [4].

Использован измеритель акустический многофункциональный «ЭКОФИЗИКА», позволяющий измерять среднеквадратичные, эквивалентные и пиковые уровни звука, скорректированные уровни виброускорения, получать октавные, третьоктавные и узкополосные спектры, анализировать сигналы различных первичных преобразователей для регистрации временных форм сигналов с целью оценки влияния звука, инфра- и ультразвука, вибрации и иных динамических физических процессов на человека на производстве, в жилых и общественных зданиях, определения виброакустических характеристик механизмов и машин, а также для научных исследований.

В данном комплексе в качестве датчиков пульсаций давления воздуха использовались конденсаторные микрофоны типа МР 201. В микрофонах этого типа тонкая проводящая пленка находится на небольшом расстоянии от металлической пластины (так называемой «задней пластины»), в результате чего образовывается конденсатор. На конденсатор подается слабый электрический заряд либо от фантомного питания, либо от аккумулятора. Звуковые колебания заставляют мембрану вибрировать. Изменение расстояния между мембраной и задней пластиной воздействует на напряжение на выходе. Это и является полезным сигналом с микрофона. Далее сигнал с микрофонного капсуля подается на вход вторичного измерительного прибора в согласованном виде. Эту функцию выполняет преусилитель Р 200.

Измерение и обработка акустического сигнала, в том числе в режиме телеметрии, осуществляется с помощью программного обеспечения Signal+.

Данное программное обеспечение предназначено для работы с оцифрованными выборками сигналов, поступающих в компьютер из приборов. В состав пакета Signal+ входит также утилита 110 Utilities, которая позволяет работать с файлами данных вышеуказанных приборов. Для калибровки и проверки работоспособности акустического измерительного комплекса используется калибратор акустический. Для определения значений физических факторов: атмосферного давления, температуры, скорости ветра в составе комплекса предусмотрены: барометр, измеритель температуры, термоанемометр.

Для измерения звукового давления измерительные микрофоны подсоединяются к индикаторному блоку в соответствии со схемой подключения. Частотный диапазон измерений определяется выбранным режимом измерения. Микрофонный преусилитель устанавливается в нужном месте с помощью штатива и подсоединяется к индикаторному блоку с помощью удлинительного кабеля. При измерениях на открытом воздухе целесообразно использовать ветрозащиту. Ветрозащита эффективна только при измерении звукового давления в слышимой области частот. Замеры звукового давления на низких частотах в условиях сильных воздушных потоков будут искажаться даже при наличии ветрозащиты. При измерениях звукового давления микрофон должен находиться в термодинамическом равновесии с окружающей средой. Поэтому при перенесении микрофона из теплой среды в холодную и наоборот необходимо выждать не менее 30 минут. При измерении в свободном акустическом поле микрофон ориентируют таким образом, чтобы его ось чувствительности была направлена на источник (ось чувствительности микрофонов направлена по нормали к плоскости мембраны).

До и после измерений следует проверять калибровку измерительного тракта с помощью акустического калибратора. Продолжительность измерений определяется требованиями стандарта [5]. При измерениях инфразвука следует помнить, что задержка низких октавных и третьоктавных фильтров составляет несколько десятков секунд. Чтобы исключить влияние переходных процессов в фильтрах на результат измерения эквивалентных и максимальных величин, через 40-45 секунд после запуска замера необходимо нажать кнопку СБРОС (не останавливая замера). Для подтверждения адекватности выбора продолжительности измерения рекомендуется 2-3 раза повторять замеры в тех же условиях. Замеры можно считать корректными, если получившийся разброс не превышает $\pm 1,5$ дБл. Обработка результатов измерений проводилась по методике обработки нескольких прямых измерений.

С целью оптимизации времени обработки результатов использовалась программа DeltaX v 2.0, основанная на вышеописанной методике. На неподвижном автомобильном транспорте основными источниками шума являются ДВС и его подсистемы, струя выхлопных газов. Важно знать распределение звукового давления от этих источников в окружающей среде. Для получения этих данных регистрировался акустический сигнал в определенных точках,

выбранных возле машины. Акустический сигнал регистрировался при помощи микрофонов, установленных на специальных штативах. Запись акустического сигнала осуществлялась одновременно по 7-ми каналам.

Конструктивно глушитель автомобиля КАМАЗ расположен с левой стороны за кабиной и газовая струя, истекающая из выхлопной трубы глушителя, излучает аэродинамический шум. Шум струи распространяется вокруг автомобиля, создавая акустическое поле. Интенсивность шума струи зависит от газодинамических параметров струи и условий ее истечения.

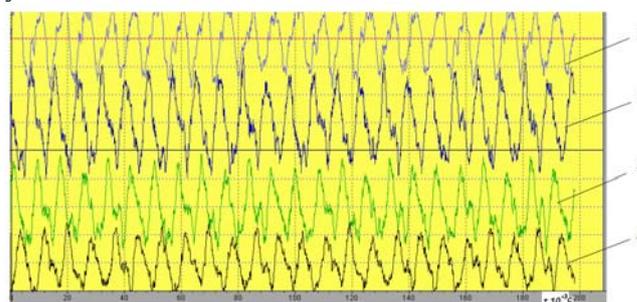


Рис. 1 - Временные акустические сигналы

Опыты проводились при следующих атмосферных условиях: температура воздуха 25°C ; скорость ветра не более 1 м/с ; барометрическое давление $99,5\text{ кПа}$. Двигатель работал в режиме холостого хода. Номинальная частота вращения вала двигателя варьировалась дискретно и соответствовала: 700, 1800, 2500 об/мин. Диапазон измеряемых частот соответствовал от 25 Гц до 40 кГц. Предварительными испытаниями установлено, что вышеуказанные источники шума автомобиля КАМАЗ излучают шум высокой интенсивности в диапазоне частот от 30 Гц до 1 кГц. Это учитывалось при обработке акустического сигнала. В дальнейшем временные сигналы обрабатывались программным обеспечением Signal+ , а результатом этих обработок явились спектры шума. На рис. 1 приведены спектры акустических сигналов, записанных вблизи выхлопной струи ДВС.

Обсуждение результатов

На основании спектров сигнала создана диаграмма уровня звукового давления для холостого хода на трех частотах вращения вала двигателя: 700, 1800, 2500 об/мин. На рис. 2 приведена диаграмма уровня звукового давления, построенная для двигателя, работающего на холостом ходу на частоте вращения вала двигателя 2500 об/мин.

Из диаграммы видно, что при равномерной работе двигателя внутреннего сгорания на частоте вращения коленчатого вала равной 2500 об/мин общее шумовое поле формируется из трех источников, которые связаны с работой ДВС. В тоже время анализ спектральных характеристик сигналов, записанных в зоне расположения этих источников, качественно отличаются друг от друга. При этом «энергонесущими» являются частоты, кратные частоте вы-

хлопа выхлопных газов, зависящие от числа оборотов и количества цилиндров автомобиля «КАМАЗ».

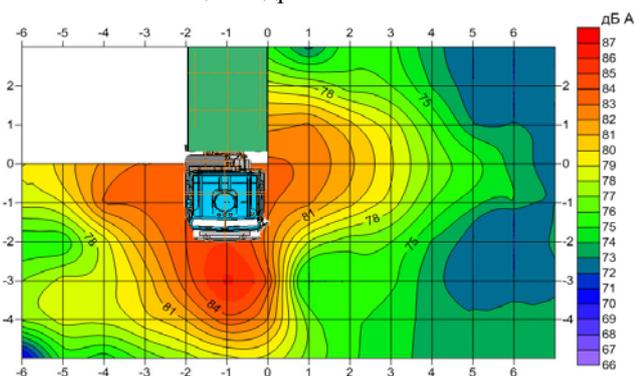


Рис. 2 - Диаграмма уровня звукового давления автомобиля «КАМАЗ»

Качественно другую картину имеют спектры акустических сигналов, записанных в передней части кабины автомобиля. В спектре шума имеются частотные составляющие, не имеющие отношения к циклу работы ДВС.

Анализ частот показывает, что наибольший шум в зоне расположения кабины автомобиля создает вентилятор и система всасывания воздуха. Час-

тота излучения шума вентилятора определялась на основе числа оборотов вала двигателя и числа лопаток на вентиляторе.

Литература

- [1] Кочергина К.А., Система сохранения полезной информации и защиты слуха человека на производстве / К.А.Кочергина, С.Ю.Гармонов, А.И.Мавлеев, А.В.Кочергин - Вестник Казанского технологического университета. 2010. №7. С. 189-194.
- [2] Гармонов С.Ю., Ягофаров О.Х., Багнюк В.П., Карпов А.Н., Хафизов И.А., Сотин В.Ф. Исследование характеристик процессов пульсирующего горения при генерации продольных колебаний в акустическом контуре // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №7. С. 182-189.
- [3] Павлов Г.И., Кочергин А.В., Ситников О.Р., Галимова А.И., Шакуров Р.Ф., Кочергина К.А., Гармонов С.Ю. Переработка изношенных шин и резинотехнических изделий в инертную крошку при использовании установок пульсирующего горения // Вестник Казанского технологического университета. 2011. №19. С.174-180.
- [4]. ГОСТ 179187-81. Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний.
- [5]. ГОСТ 52231 -2004. Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерения.

© **А. В. Кочергин** – д-р техн. наук, проф., дир. КУИМЦ КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева; **Г. И. Павлов** – д-р техн. наук, проф., зав. каф. спецтехнологий в образовании КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, pavlov16@mail.ru; **С. Ю. Гармонов** – д-р хим. наук, проф. каф. инженерной экологии КНИТУ; **О. Р. Ситников** - канд. техн. наук, доц., проф. каф. спецтехнологий в образовании КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева; **К. А. Кочергина** – канд. техн. наук, доцент той же кафедры; **Л. Н. Саматова** – асп. той же кафедры; **А. И. Ахметшина** – асп. той же кафедры; **А. Е. Егоров** – асп. той же кафедры.