

общ. ред. В.М. Шарипова. – М.: Машиностроение, 2012. – 790 с.

3. Руководство по свинцовым аккумуляторным батареям. Утверждено заместителем начальника Главного бронетанкового управления и заместителем начальника Центрального автотракторного управления. – М.: Воениздат, 1983. – 183 с.

Расчётное определение разброса шума тягово-транспортных средств

к.т.н. проф. Победин А.В., Долотов А.А., Искалиев А.И.
Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)
+78442248162, ts@vstu.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с возможностью получения величины разброса шума тягово-транспортных средств (ТТС) расчетным путем. Получены математические выражения для определения указанного разброса в зависимости от доверительного интервала шумности отдельных источников. Приведена общая методика оценки вероятного разброса результатов расчётной шумности ТТС.

Ключевые слова: тягово-транспортное средство (ТТС), методика, доверительный интервал, вероятность, статистика, разброс шума, уровень звукового давления (УЗД), частная производная.

Уровень шума вокруг тягово-транспортных средств (ТТС) и на рабочем месте оператора, как показывают экспериментальные данные [1 – 3], имеет большой разброс значений даже у одной и той же модели, выпущенной одним и тем же предприятием в одно и то же время. Это относится практически ко всем видам ТТС – новым и имеющим определённую наработку, при массовом, единичном и серийном производстве, и при совершенно одинаковых условиях эксплуатации. Вместе с тем статистические исследования шума ТТС в различных точках создаваемого им шумового поля показывают, что такой разброс существенен [4 – 6]. Так, для новых автомобилей ВАЗ, прошедших только предпродажную подготовку (имеющих практически нулевой пробег), общий уровень шума под капотом на одном и том же режиме работы ДВС и в одних и тех же условиях окружающей среды имеет разброс в 5...7 дБА. Разброс уровня шума автомобилей ГАЗ, находящихся в эксплуатации, существенно выше (рисунок 1.) [3, 7, 8]. Причины этого, видимо, прежде всего определяются полями допусков на изготовление деталей и регулировки (или сборки) систем и агрегатов ТТС.

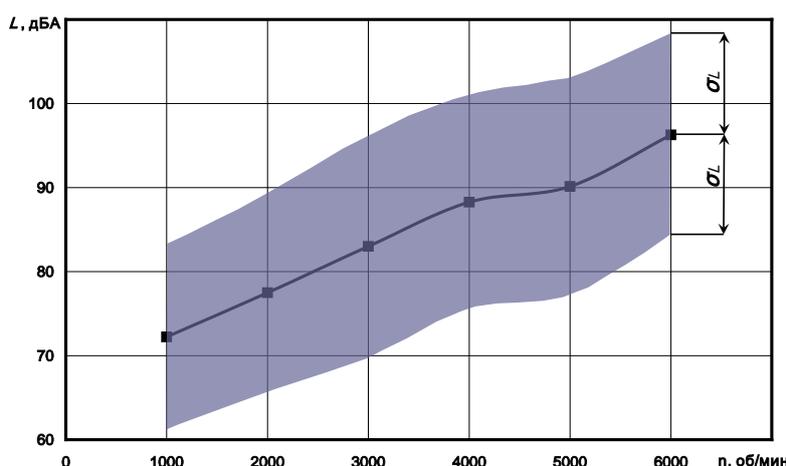


Рисунок 1. Статистическая зависимость уровня звука у КП автомобиля ГАЗ от частоты вращения ДВС

При этом если методика статистической обработки результатов измерения шумности различных технических объектов довольно хорошо отлажена [8, 9], то методики расчётной оценки возможного разброса шума ТТС в настоящее время нет. А она была бы весьма полезна разработчикам для предварительной оценки шумности ТТС на этапе его проектирования,

так как позволила бы существенно сократить дорогостоящие доводочные испытания.

Разброс шумности с оценкой его вероятного разброса в первом приближении можно сделать на основе данных по разбросу уровня шума отдельных источников. При этом необходимо помнить, что в общем случае формирование шума в кабине на рабочем месте оператора ТТС определяется несколькими составляющими [10]:

- воздушным (или проникающим) шумом;
- структурным (или вибрационным, корпусным) шумом;
- отражённым (вторичным) шумом;
- шумом внутренних источников (вентилятор, отопитель и др.).

И если шум от внутренних источников легко исключать при испытаниях и расчётах, то первые три составляющие тесно связаны между собой, так как они определяются одними и теми же внешними источниками и акустической постоянной кабины, оператора или салона.

Однако поскольку пассивные методы борьбы с воздушным и структурным шумом ТТС существенно различаются, в настоящей работе будет речь идти только о воздушной составляющей шума и связанным с ней вторичным шумом (хотя подход к определению возможного разброса и структурного шума будет таким же).

Определение уровней звукового давления (УЗД) воздушного шума в конкретных расчётных точках от различных источников шума (у отдельных панелей) проводится в общем случае по формулам с одинаковой структурой [4, 11]. Поэтому для примера определения разброса рассчитанного шума рассмотрим только одну формулу – для расчёта УЗД у панели кабины (салона) от шума двигателя, проникающего через нижний открытый проем в капоте:

$$L_n = L_{dv} + 10 \lg \left(\frac{\chi_{kap.dv}}{4\pi r_{dv}^2} + \frac{4\psi_{kap.dv}}{B_{kap.dv}} \right) + 10 \lg \frac{S_{pr}}{S_{kap}} + 10 \lg (1 - \alpha_3) - 20 \lg R, \quad (1)$$

где: α_3 – средний коэффициент звукопоглощения отражающей поверхности;

L_{dv} – звуковая мощность, излучаемая двигателем; S_{kap} – площади ограждений капота двигателя; S_{pr} – площадь проема; $\chi_{kap.dv}$ – коэффициент, учитывающий влияние ближнего звукового поля двигателя; $\psi_{kap.dv}$ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля; r_{dv} – расстояние от двигателя до панели капота; h_{dv} – высота установки двигателя над отражающей поверхностью; R_{dv} – расстояние между корпусом двигателя и рабочим местом.

$$B_{kap.dv} = \frac{A_{kap}}{1 - \alpha_3} = \frac{S_{kap} \alpha_3}{1 - \alpha_3} - \text{постоянная капота. } R = \sqrt{h_{dv}^2 + (R_{dv} / 2)^2}.$$

Из курса вычислительной математики известно, что конечное приращение функции (определяющее разброс её значений) можно подсчитать по формуле, связывающей погрешность функции с погрешностями аргументов [12]:

$$\Delta_F \leq \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial F}{\partial x_i} \right| \Delta_{x_i}, \quad (2)$$

где: Δ_{x_i} – погрешность аргумента; Δ_F – конечное приращение функции; $\left| \frac{\partial F}{\partial x_i} \right|$ – частная производная функции по i -тому аргументу; n – общее число независимых аргументов.

В формуле (1) используются приближённые значения таких исходных величин, как L_{dv} , α_3 , $B_{kap.dv}$ и, соответственно, они будут иметь конечные приращения $\Delta_{L_{dv}}$, Δ_{α_3} ,

$$\Delta_{B_{kap.dv}} = \frac{S_{kap} \Delta_{\alpha_3}}{(1 - \alpha_3)^2}.$$

Если обозначим $C = \left(\frac{\chi_{kap.dv}}{4\pi r_{dv}^2} + \frac{4\psi_{kap.dv}}{B_{kap.dv}} \right)$, то с учётом выражений (1) и (2) можно полу-

чить:

$$\Delta_{L_n} = \Delta_{L_{dv}} + \left| \frac{\partial L_n}{\partial \alpha_3} \right| \Delta_{\alpha_3} + \left| \frac{\partial L_n}{\partial B_{kap.dv}} \right| \Delta_{B_{kap.dv}},$$

здесь: $\frac{\partial L_n}{\partial \alpha_3}$ – частная производная функции (1) по α_3 ; $\frac{\partial L_n}{\partial B_{kap.dv}}$ – частная производная функции (1) по $B_{kap.dv}$.

$$\frac{\partial L_n}{\partial \alpha_3} = -10 \lg e \frac{1}{1 - \alpha_3} \quad \text{и} \quad \frac{\partial L_n}{\partial B_{kap.dv}} = -10 \lg e \frac{4\psi_{kap.dv}}{C} \frac{1}{B_{kap.dv}^2}.$$

Тогда:

$$\Delta_{L_n} = \Delta_{L_{dv}} + 10 \lg e \frac{1}{C} \cdot \frac{4\psi_{kap.dv}}{B_{kap.dv}^2} + 10 \lg e \frac{\Delta_{\alpha_3}}{1 - \alpha_3}. \quad (3)$$

Поскольку погрешность при её известном законе распределения однозначно, с задаваемой доверительной вероятностью, определяет и доверительный интервал функции, то по ней можно судить и о разбросе результатов расчёта УЗД в заданной точке от отдельного источника шума.

При нескольких источниках необходимо провести энергетическое сложение результатов расчёта от каждого из них. А следовательно, и разброс суммарного уровня шума будет определяться разбросом значений каждой из складываемых величин.

Для энергетического сложения УЗД используется выражение [4, 11, 13]:

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{(0.1L_i)} \right), \quad (4)$$

здесь: L_i – математические ожидания значений звуковой мощности слагаемых источников.

Обозначим через Δ_{L_i} разброс значений величин L_i (можно считать половину доверительного интервала для величин L_i). Тогда с учётом формулы (2), получим

$$\Delta_L \leq \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial L}{\partial L_i} \right| \Delta_{L_i},$$

$$\frac{\partial L}{\partial L_i} = 10 \cdot \lg e \frac{0.1 \cdot \ln(10) 10^{0.1L_i}}{\sum_{i=1}^n 10^{(0.1L_i)}} = 10 \cdot \lg e \cdot \ln(10) \cdot 0.1 \frac{10^{0.1L_i}}{\sum_{i=1}^n 10^{(0.1L_i)}}.$$

Поскольку $\lg e \cdot \ln(10) = 1$, то $\frac{\partial L}{\partial L_i} = \frac{10^{0.1L_i}}{\sum_{i=1}^n 10^{(0.1L_i)}}$ и, следовательно,

$$\Delta_L \leq \frac{\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \Delta_{L_i}}{\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}}. \quad (5)$$

Таким образом, общая методика вероятностного разброса расчётной оценки шумности ТТС состоит из следующих этапов:

- оценка разброса (доверительного интервала) акустической мощности каждого независимого источника шума;
- определение расчётной функции (выбор или составление формул для расчёта);

- определение разброса (доверительного интервала) для коэффициентов звукопоглощения и других независимых переменных;
- определение частных производных расчётной функции по каждой независимой переменной;
- получение функциональной зависимости разброса результата от разброса входных факторов (аргументов);
- расчёт численной оценки разброса (доверительного интервала) результата определения шумности ТТС.

Литература

1. Иванов. Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. – М.: Университетская книга, Логос, 2008. – 424 с.
2. Григорьев Е.А., Победин А.В. Статистическая оценка шума и вибраций тракторов// Механизация и электрификация социалистич. сельского хоз-ва. – 1974. – № 8. – С. 36 – 37.
3. Крузе А.О., Крузе О.О. Статистическая оценка шума автомобилей / Автомобильные перевозки, организация и безопасность дорожного движения. – М.: МАДИ, 1981. – С. 28 – 34.
4. Победин А.В., Косов О.Д., Долотов А.А., Домолазов Ф.С. Некоторые статистические характеристики шумности коробки передач автомобиля ГАЗ-3110// Автомобильная промышленность. – 2010. – № 9. – С. 13 – 15.
5. Победин А.В., Косов О.Д., Орешкин В.Н. и др. Статистическая оценка шумности автомобиля ВАЗ-21102// Колёсные и гусеничные машины: межвузовский сборник научных трудов. – М.: МАМИ, 2004. – Вып. 1.
6. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1966.
7. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука, 1959.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969.
9. ГОСТ 27408-87 (СТ СЭВ 5711-86). Шум. Методы статистической обработки результатов определения и контроля уровня шума, излучаемого машинами. ИПК Издательство стандартов, Москва.
10. Победин А.В., Косов О.Д., Долотов А.А., Долгов К.О. The Modelling of Noise Emission by the Gearbox of Vehicles GAZ 3110, 31105// Journal of KONES. Powertrain and Transport. – 2011. – Vol. 18, No. 1. – С. 453 – 456.
11. Победин А.В. Проектирование виброшумоизоляции тракторной кабины. – Волгоград: ВолгГТУ, 1994. – 92 с.
12. СНиП 23-03-2003 Защита от шума. Госстрой России. – Москва, 2004.
13. Степанов И.С., Евграфов А.Н., Карунин А.Л. и др. Основы эргономики и дизайна автомобилей и тракторов / Под общ. ред. В.М. Шарипова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 256 с.

Определение параметров основных компонентов энергетической установки транспортного средства

к.т.н. доц. Сидоров К.М., д.т.н. проф. Сидоров Б.Н.
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
8 (499) 155-03-79, k.sidorov@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы определения и расчета характеристик основных компонентов энергетических установок автотранспортных средств, представлены принципы выбора рациональных характеристик двигателя внутреннего сгорания и компонентов системы тягового электрооборудования в составе КЭУ, приведены выражения для расчетной оценки указанных параметров.

Ключевые слова: автотранспортное средство, электромобиль, комбиниро-