



Особенности звукоизоляции конструкции кабины управления реостатными испытаниями локомотивов на пунктах экологического контроля

Е.П. Чубарь

Ростовский государственный университет путей сообщения

Аннотация: Дано описание пункта реостатных испытаний и экологического контроля. Приведены измеренные уровни звукового давления при проведении реостатных испытаний. Предложен эффективный способ звукоизоляции кабины оператора в виде прозрачного экрана, расчет его параметров.

Ключевые слова: локомотивное депо, реостатные испытания, уровень шума, локомотив, звукоизоляция, кабина, экологический контроль, оператор, контрольно-диагностическая установка, акустический экран.

Процесс индустриализации во многих отраслях промышленности неизбежно сопровождается ростом шумоизлучения, составляющим приблизительно 5 дБА каждые 5-10 лет.

Результаты анализа аудиометрических исследований показывают, что при работе в течение 20 лет в условиях уровня звука 95 дБА около 34% от числа работающих подвержены риску получить повреждение слуха, при сравнительно невысоком уровне звука 90 дБА уже через 10 лет около 10% работающих могут получить профессиональное повреждение слуха. Кроме этого, общая заболеваемость в производственных помещениях с шумными технологическими процессами на 25% выше, чем в малошумных.

Вследствие этого предприятия с шумными технологическими процессами несут значительные экономические потери, вызываемые простоями оборудования из-за болезни или преждевременного ухода на пенсию персонала, подвергаемого воздействию шума. Тенденция к росту социальных и экономических потерь в отраслях с шумными технологиями сохраняется [1].



Локомотиворемонтные депо предназначены для текущего и среднего ремонта тепловозов. Контроль качества ремонта производится на пункте реостатных испытаний. Вместе с реостатными испытаниями производится экологический контроль выбросов в выхлопных газах дизелей тепловозов.

Реостатные испытания проводятся после всех видов текущего ремонта и технического обслуживания локомотивов. Во время реостатных испытаний выполняется: обкатка дизель-генератора после ремонта; проверка параметров работы дизеля после проведения ремонтов; настройка электрической схемы тепловоза; проверка работоспособности силовых и вспомогательных механизмов, обеспечивающих нормальную работу локомотива в эксплуатации. Для реализации перечисленных операций электрическую силовую схему локомотива подсоединяют к водяному нагрузочному реостату при помощи соединительных кабелей [2].

По сути реостат представляет собой гигантский кипятильник на 10 тонн воды, подключенный к тяговому генератору тепловоза. При этом сам генератор отключается от тяговых двигателей и работает только на реостат. Таким образом, нагружая дизель-генератор, имитируют работу тяговых двигателей в различных режимах и настраивают дизель-генератор под полной нагрузкой. Вместе с проверкой и регулировкой работы дизеля проводится диагностика его параметров с помощью контрольно-диагностической установки, в составе которой находится персональный компьютер [3].

При реостатных испытаниях дизели тепловозов выбрасывают окислы углерода, азота, серы, несгоревшие углеводороды, сажу и т.п.

Уровень наружного шума при реостатных испытаниях локомотивов в закрытых стойлах без каких-либо мероприятий по снижению шума достигает в зависимости от положения рукоятки контроллера машиниста (15 позиций)

100 – 120 дБА. При этом в кабине локомотива уровни шума составляют 94 – 101 дБА и превышают допустимые нормы (80 дБА).

Основным источником внешнего шума является выпуск отработавших газов дизеля, т.е. аэродинамический шум газовой струи. Именно при этом виде шума возникают максимальные уровни в 120-140 дБА.

Пункты реостатных испытаний снабжены кабинами, где оператор через ПЭВМ управляет работой контрольно-диагностической установки. Согласно требованиям нормативного документа эта кабина должна быть закрытой звукоизолированной отапливаемой оснащенной системой вентиляции. На самом деле она представляет собой прямоугольное помещение с большим окном, напротив которого на рабочем столе находится ПЭВМ. Звукоизоляция, отопление и вентиляция отсутствуют [4].

При проведении реостатных испытаний оператор примерно половину времени находится на открытой территории, вблизи локомотива, производя отбор проб вредных веществ в выхлопных газах дизелей тепловозов, измеряет параметры максиметром, манометром. Остальную половину времени испытаний оператор находится в кабине, где управляет работой контрольно-диагностической установки.

Измеренные эквивалентные уровни шума превышают допустимый уровень в 1,2-1,8 раз.

Снизить шум непосредственно в источнике возникновения с помощью установки внешних глушителей не представляется возможным, так как это приведет к тому, что из-за повышения противодавления дизель-генератор тепловоза будет отрегулирован в режиме, отличном от нормального в эксплуатации.

Для защиты оператора от воздействия повышенных уровней шума более эффективной представляется звукоизоляция кабины, где проводятся

контрольно-диагностические операции, и установка в ней акустического экрана [5,6].

Проведено моделирование процессов шумообразования на рабочих местах, обусловленных проникновением звуковой энергии через элементы ограждающих конструкций, на основе следующих исходных допущений:

1. В качестве исходных виброакустических характеристик принимаются экспериментально измеренные октавные уровни звукового давления;

2. Звуковое поле внутри и под звукозащитными ограждениями является диффузным;

3. Звуковая мощность от совокупности источников определяется по принципу энергетического суммирования;

4. Ближнее звуковое поле характеризуется коэффициентом χ , а нарушение диффузности звукового поля – коэффициентом ψ .

Результаты показали, что выполнение санитарных норм шума практически может быть достигнуто только за счет рационального выбора геометрических и физико-механических параметров систем снижения шума.

Рассчитано снижение уровней звукового давления до санитарных норм акустическим экраном:

$$L_{ci} = L_{pi} - 20\lg R - 10\lg(1-\alpha^*) - 22 - \Delta L_{\text{э}},$$

где: L_{ci} – предельно допустимые уровни звукового давления, дБ; L_{pi} – октавные уровни звукового давления источника шума, дБ; R – расстояние от источника шума до рабочего места, м; α^* – коэффициент звукопоглощения поверхности, на которой находится при испытаниях локомотив; $\Delta L_{\text{э}}$ – акустическая эффективность экрана, дБ.

Для рассматриваемого случая, для визуального контроля оператором процесса реостатных испытаний, экран должен быть изготовлен только из органического или поликарбонатного стекла. Конструкция кабины

ограничивает длину и ширину экрана. Поэтому добиться соответствия требуемой акустической эффективности возможно только высотой экрана. Следовательно, для расчета акустической эффективности экрана использовано упрощенное выражение:

$$\Delta L_{\Sigma} = 10 \lg(8\pi^2 h/\lambda \operatorname{tg}\varphi/2) - 10 \lg n,$$

где: h – высота экрана, м; λ – длина волны в воздухе, м; n – число ребер экрана, через которые дифрагирует звук; φ – угол дифракции

На основе этих зависимостей получено выражение высоты экрана, обеспечивающей выполнение санитарных норм шума:

$$L_{pi} - L_{ci} - 2 \lg R - \lg(1 - \alpha^*)$$

$$h = 0,1 / f_i \operatorname{tg}\varphi/2 \cdot 10$$

где: f_i – среднегеометрические частоты октавных полос, Гц.

Для ограждения (кабины) получено выражение требуемой звукоизоляции, так же, исходя из санитарных норм шума:

$$L = L_w - 20 \lg R - 10 \lg \frac{\sum S_{кабi}}{\sum S_{кабi}} 10^{-0,1(3U_{кабi} - t_{gi})} + 10 \lg S_{кабi} / V_{каб} - 6 = 10^{0,1(L_{ci} - L_{pi}) + 1,4 + 2 \lg R + \lg \sum \alpha_i f S_{ki} (1 - \alpha^*) / S_k - \sum \alpha_i f S_{ki}}$$

Остекление обладает наименьшей акустической эффективностью. Можно предположить, что именно оно излучает повышенные уровни шума. В этом случае остекление может быть представлено как плоский излучатель прямоугольной формы, расположенный в жестком экране [7,8,9,10]. Расчетная схема остекления представлена на рис. 1.

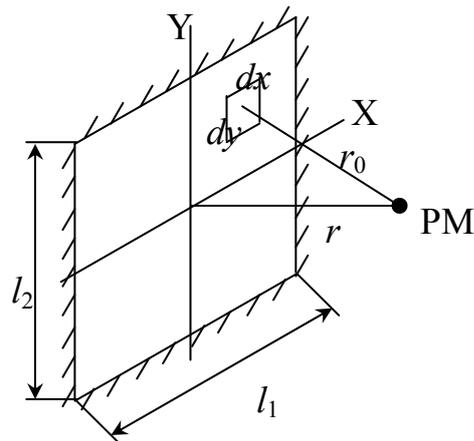


Рис. 1. Расчетная схема остекления

Основное излучение звука будет происходить на собственных формах колебаний остекления как ограниченной прямоугольной пластины. Силовое воздействие на остекление представляет собой распределенную по поверхности силу, т.е. фактически звуковое давление, создаваемое двигателем под ограждением.

После проведения необходимых расчетов для остекления из органического стекла (с учетом его механических характеристик) получено выражение звукового давления:

$$|P_{окт}^{\Sigma}| = \frac{S_0}{r_0} \frac{|P_{\epsilon_i}|}{\eta_{mn} h} \quad (1)$$

С учетом выполнения санитарных норм шума зависимость (1) приводится к следующему виду:

$$L_{c_i} - K_2 = L_{p_i} + 20 \lg S_0 - 20 \lg r_0 - 20 \lg \eta_{mn} h \quad (2)$$

Из этого выражения видно, что фактически выполнение санитарных норм может быть обеспечено подбором толщины остекления. Тогда требуемая толщина стекла определяется из выражения:

$$h_T = 10^{0,05(L_{p_i} - L_{c_i} + K_2)} \cdot \frac{\eta_{mn} r_0}{S_0} \quad (3)$$

Элементы ограждения кабины управления имеют участки с различной звукоизоляцией. Фактическая звукоизоляция стенки кабины с окном определяется следующим образом:

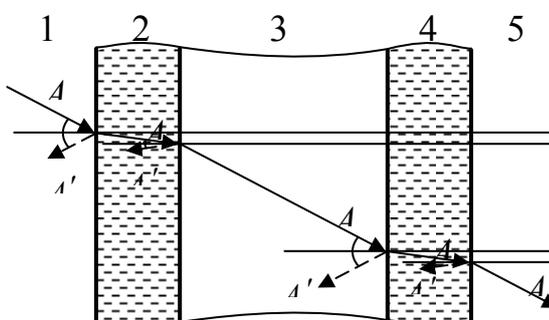
$$ЗИ_{\phi} = ЗИ_1 - \Delta ЗИ$$

где $ЗИ_1$ – звукоизоляция глухой стенки кабины; $\Delta ЗИ$ – снижение звукоизоляции за счет наличия остекления, определяемое по формуле

$$\Delta ЗИ = 10 \lg \frac{S_1 + S_2 \cdot 10^{0,1(ЗИ_1 - ЗИ_2)}}{S_1 + S_2} \quad (4)$$

Здесь S_1 и $ЗИ_1$ – площадь (m^2) и звукоизоляция (дБ) несущей части панели; S_2 и $ЗИ_2$ – площадь (m^2) и звукоизоляции (дБ) остекления.

Приведенные зависимости могут быть использованы для расчета коэффициента звукоизоляции однослойных ограждений. Доведение до требуемой величины звукоизоляции может быть обеспечено использованием жестких ограждений с большой поверхностной массой либо увеличением толщины стенки, что в любом случае приведет к увеличению веса ограждения. Этого можно избежать, если выполнить элементы ограждения многослойными, с различным количеством и механическими характеристиками слоев.



Если применить, например, двойное остекление (см. рис.2):

Рис. 2. Расчетная схема остекления

Такая схема представляет собой среду, состоящую из семи компонент, в которой 1, 3 и 5 среды являются воздушной составляющей, а 2 и 4 – остекление, 6 – стенка помещения.

Расчитав звукоизоляцию такой конструкции, получаем, что необходимая звукоизоляция в этом случае достигается рациональным подбором не только толщины стекол, но и воздушным промежутком между ними.

Вывод. Наиболее эффективным способом снижения повышенных уровней шума при производстве реостатных испытаний является звукоизоляция кабины оператора, проводящего испытания. Эффективность звукоизоляции обеспечивается установкой прозрачного экрана на балкон и стеклопакета в оконный проем кабины управления.

Литература

1. Бовкун В.В., Поляков В.Л., Пушенко С.Л. Моделирование процесса шумопоглощения в замкнутом пространстве // Тез. докл. IV Всероссийской науч.-методич. конф. «Безопасность жизнедеятельности». Новочеркасск: 1994. С. 62-63.
2. Бобин Е.В. Борьба с шумом и вибрацией на железнодорожном транспорте. М: Транспорт, 1973. 304 с.
3. Майоров Э.Г. Реостатные испытания и электрические схемы тепловозов. М: Транспорт, 1965. 67 с.
4. Ёндонжамцын Сухээ Улучшение условий обслуживания тепловозов на Улан-Баторской железной дороге: дис. ... канд. технич наук: 05.26.01. 2006. 210 с.
5. Борьба с шумом на производстве. / Юдин Е.Я., Борисов Л.А., Горинштейн И.В., Под ред. Юдин Е.Я. М.: Машиностроение, 1985. 400 с.



6. Вилинов И.Е., Чукарин А.Н., Богуславский И.В. Закономерности формирования спектров шума в кабинах мостовых кранов // Инженерный вестник Дона, 2009, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250/.

7. Смирнов Е.Б., Чукарин А.Н., Богуславский И.В. Экспериментальные исследования виброакустических характеристик в кабинах кранов // Инженерный вестник Дона, 2009, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250/.

8. Смирнов М.И., Терехов А.Л., Минаев Д.А. Акустический комфорт, пожарная безопасность и новые типы остекления // Безопасность жизнедеятельности, 2009, №3. С. 2-8.

9. Kunst H. European Transport and Reil Noise Police, Proceedigs of the workshop «Railway noise in urban areas: possible noise source reduction measures». Pisa. November 9, 2006. pp. 8-10.

10. HandBook of noise and Viebration control / Edited by Malkolm J. Crocker: NY, John Wiley and Sons Inc., 2007. 1569 p.

References

1. Bovkun V.V., Polyakov V.L., Pushenko S.L. Modelirovanie protsessa shumopogloshcheniya v zamknutom prostranstve: (Proc. Conf. IV All-Russian scientific-Methodological. conf. "Safety"). Novocherkassk: 1994. pp. 62-63.

2. Bobin E.V. Bor'ba s shumom i vibratsiey na zheleznodorozhnom transporte. [Fight against noise and vibration in rail transport]. M: Transport, 1973. 304 p.

3. Majorov Je.G. Reostatnye ispytaniya i jelektricheskie shemy teplovozov. [Rheostat tests and wiring diagrams locomotives]. M: Transport, 1965. 67 p.

4. Jondonzhamcyn Suhjeje Uluchshenie uslovij obsluzhivaniya teplovozov na Ulan-Batorskoj zheleznoj doroge: dis. ... kand. tehnic nauk: 05.26.01. 2006. 210 p.



5. Bor'ba s shumom na proizvodstve. / Yudin E.Ya., Borisov L.A., Gorinshteyn I.V., Pod red. Yudin E.Ya. [Noise control in manufacturing]. M.: Mashinostroenie, 1985. 400 p.

6. Vilinov I.E., Chukarin A.N., Boguslavskiy I.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2009, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250/.

7. Smirnov E.B., Chukarin A.N., Boguslavskiy I.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2009, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250/.

8. Smirnov M.I., Terekhov A.L., Minaev D.A. Health and safety, 2009, №3. pp. 2-8.

9. Kunst H. European Transport and Reil Noise Police, Proceedigs of the workshop «Railway noise in urban areas: possible noise source reduction measures». Pisa. November 9, 2006. pp. 8-10.

10. HandBook of noise and Viebration control / Edited by Malkolm J. Crocker: NY, John Wiley and Sons Inc., 2007. 1569 p.