

Результаты испытаний по показателю внешнего шума электровозов на стоянке

М. Ю. НОСКОВ, М. М. ГИНШПАРГ, Н. С. НЕСТЕРОВ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты испытаний электровоза переменного тока, находящегося в стационарном режиме, по показателю внешнего шума и описана методика проведения данных испытаний. В ходе проведенных исследований установлены уровни звука в точках измерения и выявлены точки, где наблюдается превышение нормативных значений шума. Авторами предлагается привести техническое состояние оборудования, такого как тяговый трансформатор, преобразователь и модуль охлаждения тягового двигателя машинного отделения электровоза, в соответствие с нормативной документацией. С целью обеспечения нормативного запаса по показателю внешнего шума электровоза предложено использовать в его конструкции звукопоглощающий материал.

Ключевые слова: электровоз; переменный ток; внешний шум; измерительное оборудование; измерение; шум на стоянке; методика

Введение. Одним из неблагоприятно воздействующих на окружающую среду факторов, обусловленных функционированием железнодорожного транспорта, является генерируемый им шум не только при движении, но и на стоянке при работе вспомогательного оборудования локомотивов. В связи с отсутствием дизель-генераторной установки на электровозах они по сравнению с тепловозами считаются менее шумными. Вместе с тем работа вентиляторов охлаждения электрооборудования и тяговых двигателей, компрессорной установки является источником интенсивного шума, особенно на электровозах переменного тока [1–3]. Генерируемый шум электровоза может оказывать маскирующее воздействие, например, на шум приближающегося по соседнему пути подвижного состава, речевые сообщения, передаваемые по системе громкоговорящего оповещения, а также вызвать повышенную утомляемость у пассажиров и т. д. Следует отметить, что проблеме снижения шума электровозов уделяется значительное внимание за рубежом, и в частности в рамках Международного союза железных дорог [4, 5]. Поэтому задача обеспечения нормативных требований к уровню шума оборудования электровозов, работающих на стоянке, является актуальной.

Авторами на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» проведены испытания магистраль-

ных электровозов, предназначенных для обеспечения вождения грузовых поездов на участках пути электрифицированных на переменном токе с напряжением 25 кВ (электровозы переменного тока), по показателю уровень внешнего шума на стоянке.

Методы проведения испытаний. Испытания проводились в естественных климатических условиях при температуре от -2 до $+1$ °С, относительной влажности воздуха от 63 до 70 %, атмосферном давлении от 757,3 до 769,2 мм.рт.ст. и скорости ветра от 2 до 5 м/с.

Методика проведения испытаний по определению показателя внешнего шума электровоза базировалась на требованиях ГОСТ 32203–2013 (ISO 3095:2005) «Железнодорожный подвижной состав. Акустика. Измерение внешнего шума». Для определения уровня звука внешнего шума электровозов на стоянке применялся метод прямого измерения уровня звука в децибелах по шкале A , L_{pA} , дБА при временной характеристике прибора «медленно». Микрофон устанавливался в 24 точках, расположенных на расстоянии $(7,5 \pm 0,05)$ м от оси измерительного участка пути с обеих сторон электровоза. Поскольку длина электровозов превышает 20 м, то были установлены дополнительные точки измерения на расстоянии не более 4,5 м друг от друга и напротив лобовых частей кабины машиниста под углом 45° к продольной оси пути.

Точки расположения измерительного микрофона выбирались с учетом размещения на электровозах оборудования, работающего на стоянке в режиме длительного отстоя.

В период проведения измерений на соседних путях других подвижных составов не находилось. Определение уровня звука внешнего шума проводилось при двух положениях микрофона в точках измерения: на высоте 1,2 м и 3,5 м от головки рельса.

До и после каждой серии измерений в данных точках проводилась калибровка измерительного тракта, а также измерялся уровень звука фонового шума.

Измеренные уровни звука L_{Ai} , дБА усреднялись для каждой точки в отдельности. Поскольку разность между наибольшим и наименьшим значениями уровня звука не превышает 3 дБА, то среднее значение уровня звука $\bar{L}_{Am}$ определяется по формуле:

$$\overline{L_{Am}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{Ai}, \text{ дБА.}$$

где L_{Ai} — i -й из измеренных в данной точке уровней звука, дБА; $i = 1, 2, 3 \dots n$, где n — общее количество измерений в данной точке.

Схема точек расположения измерительного микрофона около электровоза переменного тока приведена на рисунке.

Результаты испытаний. Усредненные значения измеренных уровней звука $\overline{L_{Am}}$, дБА внешнего шума электровоза на стоянке и их нормативная оценка представлены в табл. 1 и 2. Нормативные значения уровня звука (не более 65 дБА) регламентированы ГОСТ Р 55364–2012 «Электровозы. Общие технические требования».

Таблица 1

Уровни звука внешнего шума электровоза переменного тока на стоянке (высота установки микрофона от уровня головки рельса 1,2 м)

Table 1

The sound levels of the external noise of the AC electric locomotive at standing (the height of the installation of the microphone from the level of the rail head is 1.2 m)

Номер точки измерения	Измеренные значения уровня звука L_{Ai} , дБА			Усредненные значения измеренных уровней звука $\overline{L_{Am}}$, дБА	Оценка соответствия требованиям ГОСТ Р 55364–2012
1	61,0	62,0	61,0	61,4	Соответствие
2	62,2	63,5	63,0	62,9	Соответствие
3	66,4	65,6	65,1	65,7	Превышение на 0,7 дБА
4	63,2	64,4	64,1	63,9	Соответствие
5	65,7	64,0	64,4	64,8	Соответствие
6	64,6	64,5	63,6	64,2	Соответствие
7	65,0	64,8	65,0	64,9	Соответствие
8	63,9	65,0	64,1	64,4	Соответствие
9	62,7	62,2	62,8	62,6	Соответствие
10	58,9	57,1	57,3	57,8	Соответствие
11	54,1	54,3	55,0	54,5	Соответствие
12	60,5	60,5	60,4	60,5	Соответствие
13	63,0	62,6	62,1	62,6	Соответствие
14	65,8	65,1	65,9	65,6	Превышение на 0,6 дБА
15	67,4	66,6	66,7	66,9	Превышение на 1,9 дБА
16	67,1	66,0	67,0	66,7	Превышение на 1,7 дБА
17	64,9	65,5	63,6	64,7	Соответствие
18	65,8	64,3	65,0	65,1	Превышение на 0,1 дБА
19	65,6	65,4	66,2	65,7	Превышение на 0,7 дБА
20	64,2	64,7	64,5	64,5	Соответствие
21	62,5	62,1	62,7	62,4	Соответствие
22	55,9	57,5	56,9	56,8	Соответствие
23	54,7	54,0	53,7	54,2	Соответствие
24	60,6	61,3	60,1	60,7	Соответствие

Таблица 2

Уровни звука внешнего шума электровоза переменного тока на стоянке (высота установки микрофона от уровня головки рельса 3,5 м)

Table 2

The sound levels of the external noise of the AC electric locomotive at standing (the height of the installation of the microphone from the level of the rail head is 3.5 m)

Номер точки измерения	Измеренные значения уровня звука L_{Ai} , дБА			Усредненные значения измеренных уровней звука $\overline{L_{Am}}$, дБА	Оценка соответствия требованиям ГОСТ Р 55364–2012
1	60,6	61,1	61,7	61,2	Соответствие
2	60,7	61,3	60,8	60,9	Соответствие
3	64,4	64,1	64,4	64,3	Соответствие
4	61,1	61,6	61,1	61,3	Соответствие
5	63,6	62,9	63,0	63,2	Соответствие
6	64,5	65,1	64,4	64,7	Соответствие
7	63,7	64,2	64,6	64,2	Соответствие
8	62,6	62,2	62,4	62,4	Соответствие
9	60,2	59,8	60,4	60,1	Соответствие
10	59,2	58,9	60,0	59,4	Соответствие
11	52,7	52,8	53,1	52,9	Соответствие
12	56,2	57,0	56,6	56,6	Соответствие
13	61,1	58,6	60,9	60,3	Соответствие
14	61,2	61,7	61,7	61,5	Соответствие
15	63,7	63,9	64,3	64,0	Соответствие
16	62,8	63,2	62,7	62,9	Соответствие
17	60,7	60,7	60,5	60,6	Соответствие
18	64,2	63,9	64,1	64,1	Соответствие
19	62,8	63,5	63,3	63,2	Соответствие
20	61,2	61,1	61,7	61,3	Соответствие
21	61,7	60,3	60,5	60,9	Соответствие
22	56,6	56,1	56,5	56,4	Соответствие
23	53,7	54,2	51,7	53,3	Соответствие
24	54,5	54,3	54,4	54,4	Соответствие

ки охлаждения преобразователя двигателей первой тележки (слева) и компрессора (справа);

– возле лобовых частей секций электровоза А и Б уровни звука внешнего шума составили от 54,2 до 54,5 дБА.

По результатам нормативной оценки данных испытаний внешнего шума электровоза было установлено следующее: уровень внешнего шума электровоза при работе оборудования в режиме длительного отстоя, измеренный на высоте 1,2 м от уровня головки рельсов, в точках 3, 14, 18, 19 (секция А) и 14 (секция Б) незначительно превышает требования ГОСТ Р 55364–2012 (менее 1 дБА), при этом погрешность измерения шумомера составляет ($\pm 0,7$ дБ). В точках 15 и 16 (секция Б) измеренные уровни звука превышают нормативные требования ГОСТ Р 55364–2012 на 1,9 и 1,7 дБА соответственно.

Уровень внешнего шума электровоза при работе оборудования в режиме длительного отстоя, измеренный на высоте 3,5 м от уровня головки рельсов, соответствует нормативным требованиям ГОСТ Р 55364–2012.

Сравнительный анализ результатов измерений значений уровней внешнего шума секций А и Б электровоза показал:

– в точках 3 и 4 (секция А), расположенных аналогично точкам 15 и 16 (секция Б), уровень шума (генерируемого оборудованием электровоза) ниже на 1,2 дБА в точках 3 и 15, а в точках 4 и 16 — на 2,8 дБА по отношению к его нормативному значению.

– в точке 2 (секция А), расположенной аналогично точке 14 (секция Б), шум, генерируемый оборудованием электровоза, ниже на 4,7 дБА по отношению к его нормативному значению;

– в точке 7 (секция Б), расположенной аналогично точке 19 (секция А), шум, генерируемый оборудованием электровоза, ниже на 0,8 дБА по отношению к его нормативному значению.

Это обстоятельство с учетом идентичности оборудования секций А и Б электровоза может свидетельствовать о правильности основных технических решений, заложенных в конструкцию электровоза переменного тока в части снижения уровня его внешнего шума.

В связи с этим было предложено привести в соответствие с требованиями нормативной технической документации техническое состояние оборудования машинного отделения, генерирующего шум при работе на стоянке, и повторно произвести измерения уровня внешнего шума.

После проведения дополнительного осмотра и технического обслуживания оборудования секций А и Б были произведены повторные измерения уровня внешнего шума на стоянке электровоза при установке микрофона на высоте 1,2 м от уровня головки рельса. В результате было установлено снижение уровня звука в вышеуказанных точках до нормативных тре-

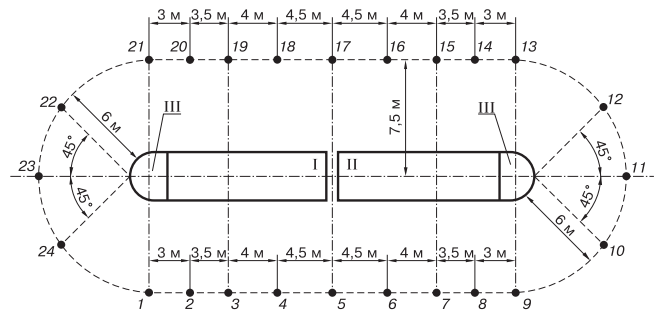


Схема расположения точек измерения внешнего шума (1–24) электровоза переменного тока на стоянке: I — секция А; II — секция Б; III — кабина машиниста
The layout of the measurement points for external noise (1–24) of an AC electric locomotive at the standing: I — section A; II — section B; III — driver's cab

бований — усредненные значения измеренных уровней звука в точках 3, 14, 18, 19 напротив секции А и в точках 15 и 16 напротив секции Б составили от 64,7 до 65 дБА (см. табл. 3).

Поскольку измеренные значения уровня звука $\overline{L_{Am}}$, дБА внешнего шума при работе оборудования в режиме длительного отстоя электровоза переменного тока находятся на пределе нормативного значения 65 дБА или ниже, но с незначительным запасом, то с целью снижения внешнего шума оборудования на пути его распространения во внешнюю среду необходимо применить дополнительные технические решения.

Использование звукопоглощающих конструкций. Независимо от пути, по которому шум проникает в помещение, одной из мер его уменьшения является звукопоглощение [6].

Под звукопоглощением понимается процесс преобразования энергии звуковых волн в тепловую энергию при распространении звука в среде или при

Таблица 3

Уровни звука внешнего шума электровоза на стоянке после технического обслуживания, при высоте установки микрофона от уровня головки рельса на 1,2 м

Table 3

The sound levels of the external noise of an electric locomotive at standing after maintenance, with the height of the microphone installation from the level of the railhead at 1.2 m

Номер точки измерения	Измеренные значения уровня звука L_{Ai} , дБА			Усредненные значения измеренных уровней звука $\overline{L_{Am}}$, дБА	Оценка соответствия требованиям ГОСТ Р 55364–2012
3	65,1	64,8	64,9	64,9	Соответствие
14	65,0	64,9	64,9	64,9	Соответствие
15	65,0	65,0	65,1	65,0	Соответствие
16	64,8	65,1	65,0	65,0	Соответствие
18	64,8	64,8	64,6	64,7	Соответствие
19	65,0	64,7	64,8	64,8	Соответствие

падении звука на границу двух сред. Звукопоглощающие материалы применяются в большинстве средств защиты от шума. Они входят в состав всех известных устройств для непосредственного поглощения звука, например, звукопоглощающая облицовка ограждающих конструкций. Звукопоглощающий материал в качестве заполнителя и уплотнителя щелей и отверстий используют для снижения шума, распространяющегося в каналах вентиляционных систем, для изоляции структурного звука и вибраций.

Известен опыт использования панелей из звукопоглощающих материалов в машинном отделении электровозов. В работе [7] отмечено, что повышенные уровни шума, создаваемые работающими агрегатами в отсеках компрессора, выпрямительного инверторного преобразователя, трансформатора, вспомогательной машины, в условиях заводов-изготовителей практически могут быть устранены только установкой звукопоглощающих панелей. Расчеты показывают, что такая эффективность в снижении уровней звукового давления может быть достигнута при использовании, например, шумоизоляционного облицовочного материала с липким монолитным слоем, обладающим коэффициентами звукопоглощения в высоком диапазоне частот 0,7–0,95.

Подбор звукопоглощающего материала осуществляется в зависимости от частотного диапазона, в котором наблюдается наибольшее превышение уровней шума над предельно допустимыми значениями, и от звукопоглощающих свойств материалов. Основным этапом определения указанного частотного диапазона является проведение измерений уровней звукового давления генерируемого шума в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8 000 Гц. В отдельных случаях для уточнения границ частотного диапазона с превышением нормативных требований представляется целесообразным проведение измерений уровня звукового давления в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами от 25 до 10 000 Гц или в полосах с более узкой шириной пропускания. Необходимо проводить определение спектрального состава шума, генерируемого работающим на стоянке оборудованием электровоза, как внутри машинного отделения, так и снаружи локомотива.

Выводы. 1. В результате проведенных исследований установлены основные источники внешнего шума при работе электровозов переменного тока (вентиляторы, предназначенные для охлаждения электрооборудования и тяговых электродвигателей, воздушные компрессоры, тяговый трансформатор и др.), его фактические значения, а также характер звукового поля вокруг электровозов.

2. Внешний шум при работе оборудования электровоза переменного тока на стоянке находится практически на пределе нормативного значения.

3. Одним из условий поддержания соответствия электровозов нормативным требованиям по уровню внешнего шума является надлежащий контроль технического состояния оборудования каждой его секции.

4. Перспективным направлением в части снижения внешнего шума электровозов представляется оборудование машинного отделения звукопоглощающими конструкциями. С целью снижения шума от оборудования в источнике его возникновения и на пути распространения шума во внешнюю среду необходимо проработать вопрос о дополнительном оборудовании машинного отделения электровоза звукопоглощающими конструкциями.

5. Рекомендуются для расчета акустических характеристик звукопоглощающих материалов проведение экспериментального исследования спектрального состава шума оборудования электровоза, работающего на стоянке, и результирующего внешнего шума в точках, расположенных снаружи и вокруг локомотива. Также звукопоглощающий материал необходимо подбирать и в зависимости от частотного диапазона, в котором наблюдается наибольшее превышение уровня шума над предельно допустимыми значениями, с использованием известных эмпирических и полуэмпирических зависимостей, на основании которых возможно предварительное определение его звукопоглощающих свойств в установленном нормативными документами частотном диапазоне.

6. После оборудования машинного отделения электровоза опытными звукопоглощающими конструкциями целесообразно провести повторные испытания по оценке уровня внешнего шума электровоза на стоянке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы снижения шума и вибраций при проектировании, производстве и эксплуатации железнодорожного подвижного состава / И. В. Колесников [и др.]. М.: ВНИИТ РАН, 2015. 216 с.
2. Подуст С. Ф. Анализ закономерностей шумообразования электропоездов // Вестник РГУПС. 2012. № 4. С. 42–45.
3. Колесников И. В., Пронников Ю. В. Экспериментальные исследования шума и вибрации в кабинах локомотивов // Вестник РГУПС. 2011. № 3. С. 153–156.
4. Vos Paul de. Railway Noise in Europe – State of the art report // International Union of Railways (UIC). Paris, March 2016. URL: https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.uic.org%2FIMG%2Fpdf%2Frailway_noise_in_europe_2016_final.pdf&name=railway_noise_in_europe_2016_final.pdf&lang=en&c=58de0aae5f4 (дата обращения: 14.12.2016 г.).
5. Commission Regulation (EU) No. 1304/2014 of 26 November 2014 on the technical specification for interoperability relating to the subsystem 'rolling stock — noise' amending Decision 2008/232/EC and repealing Decision 2011/229/EU. URL: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Noise-NOI-TSI.aspx> (дата обращения: 14.12.2016 г.).
6. Способы защиты от шума и вибрации железнодорожного подвижного состава / под ред. Г. В. Бутакова. М.: Транспорт, 1978. 231 с.
7. Подуст С. Ф. Обеспечение виброакустической безопасности локомотивных бригад при расчете и проектировании грузовых

электровозов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01, 05.02.02. Ростов-на-Дону, 2013. 18 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

НОСКОВ Михаил Юрьевич,
заведующий лабораторией, АО «ВНИИЖТ»

ГИНШПАРГ Михаил Маркусович,
заведующий лабораторией, АО «ВНИИЖТ»

НЕСТЕРОВ Никита Сергеевич,
младший научный сотрудник, АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 30.03.2017 г., актуализирована 15.06.2017 г., принята к публикации 01.07.2017 г.

Results of tests on the indicator of external noise of electric locomotives in the standing time

M. Yu. NOSKOV, M. M. GINSHPARG, N. S. NESTEROV

Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

Abstract. The authors of the Test Loop of the JSC "VNIIZhT" had conducted tests of mainline electric locomotives intended for handling freight trains on sections of the road electrified with alternating current at a voltage of 25 kV (electric locomotives of an alternating current). Tests were conducted in terms of the level of external noise at the standing time.

The results of tests of AC electric locomotive, which was in a stationary mode, are presented in terms of the external noise index, and a methodology for performing these tests is described.

As a result of the conducted researches, the article establish the main sources of external noise in the operation of AC electric locomotives (fans intended for cooling electrical equipment and traction motors, air compressors, traction transformers, etc.), its actual values, as well as the nature of the sound field around electric locomotives. The analysis of the obtained sound field made it possible to identify the points where the excess of the standard noise values (more than 65 dBA) is observed. It is proposed to bring the technical condition of the equipment, such as traction transformer, converter and cooling module of the traction engine of the power compartment of an electric locomotive in accordance with the normative documentation. The repeated measurements of the external noise level after technical completion did not reveal the excess of its normative values in accordance with the regulatory documentation. In order to provide a normative margin in terms of the external noise of an electric locomotive, it is proposed to use sound-absorbing material in the construction of its body. It is recommended to perform an experimental study of the spectral composition of the noise of the equipment of an electric locomotive operating at the standing time and the resulting external noise at points located outside and around the locomotive in order to calculate the acoustic characteristics of sound-absorbing materials. Sound absorbing material is expedient to be selected depending on the frequency range in which the greatest excess is observed above the maximum permissible values using known empirical and semi-empirical dependences, on the basis of which it is possible to preliminary determine its sound-absorbing properties in the frequency range established by regulatory documents. After equipping the power compartment of the locomotive with soundproof materials, tests on the evaluation of the external noise of an electric locomotive at standing should be repeated.

Keywords: electric locomotive; alternative current; external noise; measuring equipment; measurement; noise at standing; methods

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-5-301-305>

E-mail: noskov.mikhail@vniizht.ru (M. Yu. Noskov)

REFERENCES

1. Kolesnikov I. V., Dugin G. S. *Sposoby snizheniya shuma i vibratsiy pri proektirovanii, proizvodstve i ekspluatatsii zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava* [Methods of reducing noise and vibration in the design, manufacture and operation of railway rolling stock]. Moscow, VINITI RAN Publ., 2015, 216 p.
2. Podust S. F. *Analiz zakonomernostey shumooobrazovaniya elektropoezdov* [Analysis of the patterns of noise generation of electric trains]. Vestnik RGUPS, 2012, no. 4, pp. 42–45.
3. Kolesnikov I. V., Pronnikov Yu. V. *Eksperimental'nye issledovaniya shuma i vibratsii v kabinakh lokomotivov* [Experimental studies of noise and vibration in cabins of locomotives]. Vestnik RGUPS, 2011, no. 3, pp. 153–156.
4. Vos P. *Railway Noise in Europe – State of the art report*. International Union of Railways (UIC). Paris, March 2016. URL: https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.uic.org%2FIMG%2Fpdf%2Frailway_noise_in_europe_2016_final.pdf&name=railway_noise_in_europe_2016_final.pdf&lang=en&c=58de0aaae5f4 (retrieved on 14.12.2016).
5. *Commission Regulation (EU) No 1304/2014 of 26 November 2014 on the technical specification for interoperability relating to the subsystem 'rolling stock – noise' amending by Decision 2008/232/EC and repealing by Decision 2011/229/EU*. URL: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Noise-NOI-TSI.aspx> (retrieved on 14.12.2016).
6. Butakov G. V. *Sposoby zashchity ot shuma i vibratsii zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava* [Ways of protection from noise and vibration of railway rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1978, 231 p.
7. Podust S. F. *Obespechenie vibroakusticheskoy bezopasnosti lokomotivnykh brigad pri raschete i proektirovanii gruzovykh elektrovozov*. Cand. tekhn. nauk diss. avtoref. [Providing vibroacoustic safety of locomotive crews in the calculation and design of freight electric locomotives. Cand. tech. sci. diss. synopsis], Rostov-on-Don, 2013, 13 p.

ABOUT THE AUTHORS

Mikhail Yu. NOSKOV,
Head of the Laboratory, JSC "VNIIZhT"

Mikhail M. GINSHPARG,
Head of the Laboratory, JSC "VNIIZhT"

Nikita S. NESTEROV,
Junior Researcher, JSC "VNIIZhT"

Received 30.03.2017

Revised 15.06.2017

Accepted 01.07.2017