УДК 629.4.018 DOI: http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-2-105-113

Исследование характеристик внешнего шума электровоза двойного питания

М. Ю. НОСКОВ[1], Н. С. НЕСТЕРОВ[1], Ю. А. ХЛОБЫСТОВ[2]

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

[2] Общество с ограниченной ответственностью «Первая Локомотивная Компания» (ООО «ПЛК»), Москва, 107078, Россия

Аннотация. Представлены результаты испытаний электровоза двойного питания 2ЭВ120 по показателю внешнего шума при его работе в стационарном режиме и движении с нормируемой скоростью. В ходе проведения экспериментальных исследований были выявлены превышения нормативных требований п. 4.14 ГОСТ Р 55364–2012 к уровню звука внешнего шума от электровоза в отдельных точках измерения; был разработан комплекс организационно-технических мероприятий, реализация которых позволила снизить уровень звука внешнего шума от электровоза до нормативных требований указанного стандарта.

С целью увеличения нормативного запаса по уровню звука внешнего шума для электровозов двойного питания предлагается усилить звукоизолирующую способность тонкостенной обшивки кузова локомотива за счет установки двустенной звукоизолирующей конструкции со звукопоглощающим материалом внутри нее. Предложены мероприятия, направленные на снижение структурной составляющей внешнего шума электровоза.

Ключевые слова: электровоз двойного питания; постоянный ток; переменный ток; внешний шум; измерение; анализ

Введение. АО «ВНИИЖТ» наряду с другими профильными организациями и предприятиями, проектирующими и изготавливающими железнодорожный подвижной состав [1, 2, 3, 4, 5, 6], имеет многолетний опыт работы по созданию его перспективных образцов. В рамках этой работы большое внимание уделяется вопросам обеспечения требований нормативной документации к параметрам шума и вибрации в служебных и пассажирских помещениях электровозов, а также к уровню звука внешнего шума от локомотивов. Одним из основных этапов решения этой задачи является экспериментальная проверка выполнения установленных нормативных требований как на опытных образцах, так и на эксплуатируемом подвижном составе.

Характеристики объекта испытаний. Магистральный грузовой электровоз двойного питания серии 2ЭВ120, созданный в ООО «ПЛК», предназначен для вождения поездов повышенной массы на электрифицированных участках железных дорог колеи 1520 мм. Электровоз двухсекционный, осевая формула $2(2_o - 2_o)$, длина его кузова по осям автосцепок не более 38 м. Локомотив рассчитан на вождение тяжеловесных грузовых составов на расстояние до 3000 км с короткими технологическими остановками без необходимости проведения каких-либо работ в пределах этого участка пути по обслуживанию и экипировке (песком и т. п.), за исключением периодического регламентного осмотра его ходовой части и основных узлов локомотивной бригадой. Максимальная скорость эксплуатации электровоза составляет 140 км/ч. Общая компоновка секции электровоза 2ЭВ120 представлена на рис. 1.

Кузов электровоза сконструирован в виде цельной сварной стальной бескаркасной конструкции несущего типа. В секциях имеются по две наружные двери, расположенные в машинном отделении близко к каждой кабине.

К основным источникам, генерирующим шум при работе электровоза, можно отнести узлы и агрегаты, расположенные в кузовном пространстве. Электровоз оборудован винтовыми компрессорными агрегатами (по одному в каждой секции) производительностью 3,5 м^3/мин, с диапазоном рабочих давлений от 0,7355 до 0,08826 МПа.

Тяговое электрооборудование включает в себя высоковольтные аппараты, предназначенные для преобразования, распределения и регулирования тяги и торможения поезда, и состоит из следующих функциональных блоков:

- электрическое оборудование, подключенное к контактной сети и обратной рельсовой цепи (токоприемники, коммутационная и защитная аппаратура, фильтры радиопомех, кабельные и шинные токопроводы и т. д.);
- тяговый трансформатор/сетевые реакторы;
- преобразователь для питания тяговых двигателей;
- тяговые двигатели;
- защитная высоковольтная аппаратура.

Электровоз оборудован естественной и принудительной вентиляцией. Предусмотрены устройства для очистки воздуха от пыли, снега и влаги с непрерывным удалением. Система фильтрации наружного воздуха должна обеспечивать эффективную очистку поступающего в кузов электровоза воздуха во всем диапазоне

E-mail: noskov.mikhail@vniizht.ru (М. Ю. Носков)

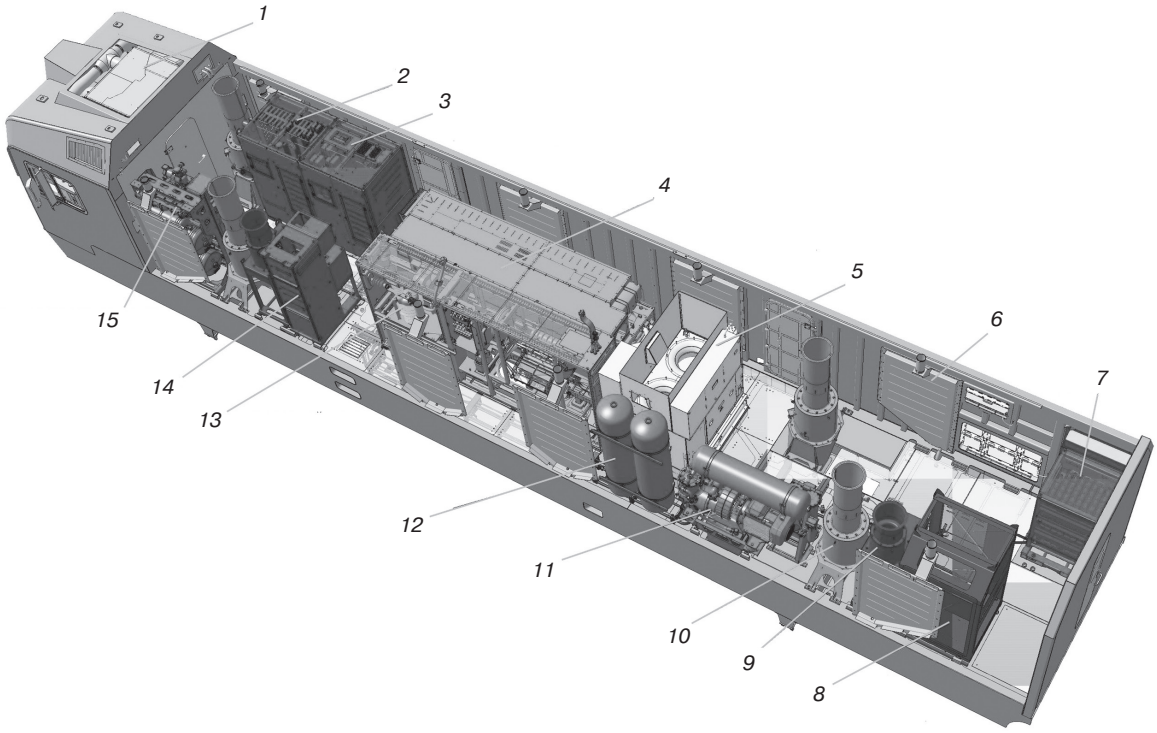

Рис. 1. Общая компоновка секции электровоза 2ЭВ120:
1 — климатическая установка кабины машиниста; *2* — блок низковольтной аппаратуры; *3* — распределительный блок вспомогательных систем; *4* — тяговый преобразователь; *5* — башня охлаждения тягового преобразователя и тягового трансформатора; *6* — песочный бункер; *7* — блок аккумуляторных батарей; *8* — санитарный узел; *9* — вентилятор наддува машинного отделения; *10* — вентилятор тягового двигателя; *11* — главный компрессор; *12* — основные резервуары; *13* — высоковольтный блок; *14* — блок электроники и системы безопасности; *15* — блок управления тормозами и пневматикой

Fig. 1. General layout of the section of the electric locomotive 2EV120:
1 — air conditioning of driver's cab; *2* — block of low-voltage equipment; *3* — distribution block of auxiliary systems; *4* — traction converter; *5* — cooling tower of the traction converter and traction transformer; *6* — sand bunker; *7* — accumulator block; *8* — sanitary unit; *9* — fan of engine room boost; *10* — traction motor fan; *11* — main compressor; *12* — main tanks; *13* — high-voltage unit; *14* — block of electronics and security system; *15* — block of brake and pneumatic control

рабочих температур независимо от погодных условий. Воздухозаборные жалюзи располагаются в верхней части кузова. Поток воздуха, выбрасываемого из вентиляционных систем, не должен оказывать разрушающего воздействия на элементы верхнего строения пути.

Методы и результаты исследований. Испытания по показателю внешнего шума на стоянке электровоза проводились на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» по методике, изложенной в работе [3]. Схема точек расположения измерительного микрофона и расстояния между микрофоном и боковыми стенками электровоза 2ЭВ120 № 001 по его контуру представлены на рис. 2.

Измерения характеристик шума проводились при работе оборудования электровоза в штатном режиме на переменном токе напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц и на постоянном токе напряжением 3 кВ. До и после каждой серии измерений регистрировался уровень звука фонового шума, усредненные значения которого составили от 43,1 до 44,9 дБА. Метеоусловия при проведении испытаний приведены в табл. 1.

Во время испытаний в режиме постоянного тока функционировало следующее оборудование электровоза: тяговый трансформатор — обмотки индуктивного фильтра, система охлаждения (2 масляных насоса); тяговый преобразователь — внутренние системы, система охлаждения (2 насоса охлаждающей жидкости); вентилятор наддува кузова; башня охлаждения (пассивно, вентиляторы не включались). В режиме переменного тока: тяговый трансформатор — обмотки индуктивного фильтра, тяговые обмотки, система охлаждения (2 масляных насоса); тяговый преобразователь — внутренние системы, система охлаждения (2 насоса охлаждающей жидкости); вентилятор наддува кузова; башня охлаждения (пассивно, вентиляторы не включались).

Результаты измерений уровня звука внешнего шума и их нормативная оценка представлены в табл. 2. Так как сопоставлению с нормативным требованием (65 дБА на расстоянии 7,5 м от оси пути, на котором установлен электровоз) подлежат усредненные величины измеренных уровней звука, то их фактические значения, полученные в ходе испытаний, в табл. 2 не

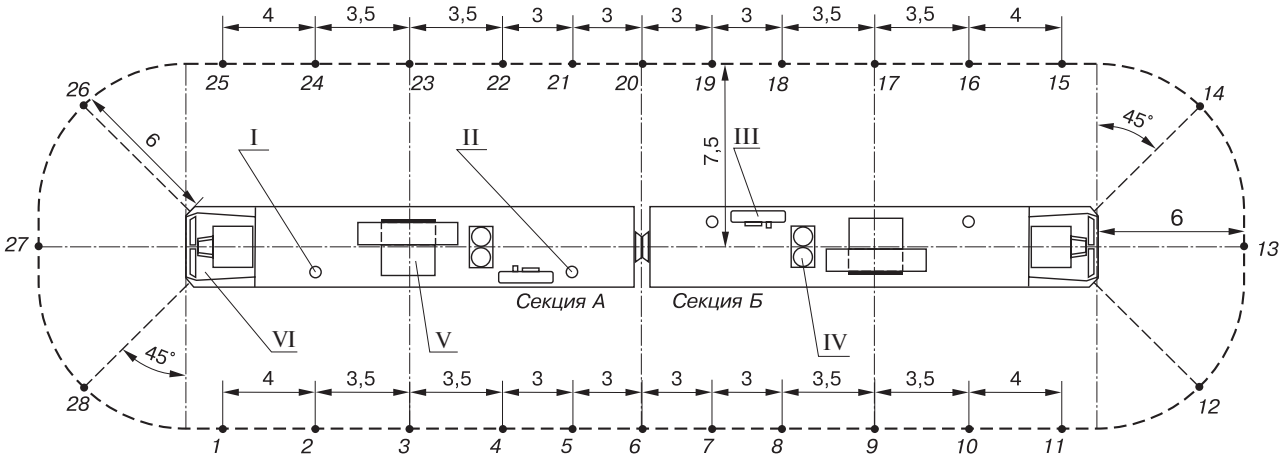

Рис. 2. Схема расположения точек измерения уровня звука внешнего шума (*1–28*) от электровоза 2ЭВ120 № 001 на стоянке:
I — вентилятор машинного отделения 1; II — вентилятор машинного отделения 2; III — компрессорный блок;
IV — конденсатор охлаждения; V — трансформатор; VI — кабина машиниста
Fig. 2. Measurement points layout of the sound level of external noise (*1–28*) from parked electric locomotive 2EV120 no. 001:
I — engine room fan 1; II — engine room fan 2; III — block of compressor;
IV — cooling condenser; V — transformer; VI — driver's cab

приводятся. Дополнительно к оценке внешнего шума на высоте установки измерительного микрофона 1,2 м была проведена его оценка на высоте 3,5 м.

В результате проведенных испытаний электровоза 2ЭВ120 № 001 по показателю внешнего шума на стоянке были установлены несоответствия требованиям п. 4.14 ГОСТ Р 55364–2012 «Электровозы. Общие технические требования» (введен 19.12.2012 г.). В табл. 3 указаны по секциям электровоза А и Б точки с повышенным уровнем звука внешнего шума с учетом его режима работы и высоты установки измерительного микрофона.

В сентябре 2016 г. на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» авторами были проведены испытания по измерению уровня звука внешнего шума от электровоза 2ЭВ120 № 001 при его движении с нормативной скоростью 80 км/ч на переменном и постоянном токе. Значение нормативной скорости было рассчитано с учетом п. 4.13 ГОСТ Р 55364–2012 на основании установленной в действующей на период проведения испытаний редакции Технического задания на электровоз 2ЭВ120 конструкционной скорости, равной 120 км/ч. Испытания проводились до реализации на электровозе шумозащитных мероприятий на участке стыкового пути, при движении по которому допустимый уровень звука внешнего шума электровоза составляет 87 дБА. Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Сравнением с нормативным требованием результатов испытаний электровоза 2ЭВ120 № 001 по внешнему шуму при движении установлено его соответствие требованиям п. 4.13 ГОСТ Р 55364–2012.

Мероприятия по снижению внешнего шума и оценка их эффективности. Анализ значений уровней звука внешнего шума в точках измерений, где было зафиксировано превышение нормативных требований, показал, что основным источником повышенного уровня звука внешнего шума является работа тягового трансформатора обеих секций. После проведения мероприятий по оптимизации режимов работы оборудования электровоза (корректировка программного обеспечения, перевод входного преобразователя в диодный режим) были проведены повторные испытания, в ходе которых установлено:

Таблица 1

Метеорологические условия в ходе испытаний

Table 1

Meteorological conditions during testing

Скорость ветра, м/с	Влажность, %	Давление, мм. рт. ст.	Температура, °С
1,2–3,0	75–80	743–756	от +1 до +7

• при работе оборудования электровоза 2ЭВ120 № 001 на стоянке в режиме переменного тока уровень звука внешнего шума секций А и Б соответствует требованиям п. 4.14 ГОСТ Р 55364–2012;

• при работе оборудования электровоза 2ЭВ120 № 001 на стоянке в режиме постоянного тока уровень звука внешнего шума секции А не соответствует требованиям п. 4.14 ГОСТ Р 55364–2012. В точке *21* уровень звука 65,9 дБА (высота установки микрофона 3,5 м), в точке *22* — 65,7 дБА, в точке *23* — 65,2 дБА (высота установки микрофона в обеих точках 1,2 м). Возможными источниками повышенного уровня звука внешнего шума на стоянке в данном режиме является работа тягового трансформатора или входного преобразователя;

Таблица 2

Нормативная оценка уровня звука внешнего шума от электровоза 2ЭВ120 № 001 на стоянке

Table 2

Regulatory assessment of the sound level of external noise from parked electric locomotive 2EV120 no. 001

Номер точки измерения	Усредненные значения измеренных уровней звука внешнего шума, дБА, при разных режимах работы электровоза и различных высотах *h*, м, установки измерительного микрофона			
	Постоянный ток		Переменный ток	
	h = 1,2	*h* = 3,5	*h* = 1,2	*h* = 3,5
1	57,7	57,8	**67,3**	63,6
2	61,3	60,4	**66,1**	**66,6**
3	61,8	60,9	**68,2**	**67,1**
4	63,2	61,7	**67,8**	**66,7**
5	61,0	60,9	**67,7**	**66,7**
6	59,5	60,0	**66,4**	**65,9**
7	64,1	59,8	**67,9**	**68,1**
8	63,8	61,9	**65,3**	**67,0**
9	**67,1**	63,0	**65,3**	**66,9**
10	61,2	58,3	**66,8**	**65,3**
11	61,4	58,2	**67,1**	65,0
12	54,8	55,1	62,8	61,5
13	47,7	52,3	58,1	58,4
14	52,2	53,0	57,5	56,7
15	57,8	57,0	**65,7**	64,7
16	59,1	57,6	**66,7**	**66,7**
17	58,5	61,5	**66,8**	**65,9**
18	59,1	58,8	**66,7**	**66,1**
19	61,0	60,8	**66,7**	**65,5**
20	60,9	63,2	**65,1**	64,1
21	**66,1**	63,2	**67,5**	**67,3**
22	62,9	62,1	**66,9**	**66,9**
23	**68,3**	64,5	**67,4**	**66,6**
24	64,7	62,5	**66,6**	63,7
25	58,5	61,3	**65,8**	61,1
26	57,1	58,8	62,1	57,7
27	50,1	51,9	56,0	61,4
28	56,1	53,5	64,1	63,6

Примечание: жирным шрифтом выделены значения уровней звука, не соответствующие нормативным требованиям п. 4.14 ГОСТ Р 55364–2012.

• уровень звука внешнего шума в точках вокруг секции Б, где было превышение нормативных требований (точки *7–11*, *15–20*) при работе оборудования в режиме постоянного тока, после проведения мероприятий по оптимизации режимов работы оборудования электровоза был снижен до нормативных значений (в отдельных случаях с запасом от 1,5 до 2,5 дБА), и было достигнуто соответствие нормативным требованиям ГОСТ Р 55364–2012 секции Б в целом по показателю внешнего шума на стоянке электровоза при работе оборудования на переменном и постоянном токе.

После проведения вышеперечисленных мероприятий по оптимизации режимов работы оборудования уровень звука внешнего шума при работе электровоза на постоянном токе практически во всех точках измерения стал выше, чем при работе на переменном токе.

Таблица 3

Распределение точек с повышенным уровнем звука внешнего шума при работе электровоза 2ЭВ120 № 001 на стоянке при разной высоте установки микрофона *h*, м

Table 3

Distribution of points with increased sound level of external noise when operating parked electric locomotive 2EV120 no. 001 at a different microphone installation height *h*, m

Род тока	Номера точек измерения			
	Секция А		Секция Б	
	h = 1,2	*h* = 3,5	*h* = 1,2	*h* = 3,5
Постоянный ток	*21*, *23*	–	*9*	–
Переменный ток	*1–6** *20*–25*	*2–6** *21–23*	*6*–11* *15–20**	*7–10* *16–19*

* Точки *6* и *20* располагались между секциями А и Б.

Проведенная экспериментальная оценка эффективности снижения внешнего шума путем оптимизации режимов работы оборудования (табл. 5) показала недостаточность данных мер для решения задачи снижения уровня звука внешнего шума от электровоза, и потребовалась разработка комплекса технических мероприятий.

Анализ значений уровня звука внешнего шума электровоза на стоянке показал, что наибольшее превышение нормативных требований наблюдается в точках измерения, расположенных напротив тягового трансформатора. Таким образом, установлено, что его работа является источником повышенного уровня звука внешнего шума, основная составляющая которого в данном случае — воздушная. Для ее снижения в качестве одного из вариантов была предложена установка экранирующего устройства в подкузовной части тягового трансформатора.

Таблица 4

Измеренные значения уровня звука с нормативной скоростью электровоза 80 км/ч

Table 4

Measured values of sound level of electric locomotive with a standard speed of 80 km/h

Род тока	Уровень звука, дБА			
	Порядковый номер эксперимента			Уровень звука фонового шума, дБА 53,6–54,1
	1	2	3	
Постоянный ток (*U* = 3 кВ)	84,8	85,0	85,1	
Переменный ток (*U* = 25 кВ)	85,5	85,9	85,7	

С целью определения необходимой эффективности экранирующего устройства был проведен расчет с учетом дополнительно измеренных спектральных составляющих внешнего шума от тягового трансформатора в третьоктавных полосах частот (рис. 3). Измерительный микрофон для исключения возможности

Таблица 5

Уровни звука внешнего шума от секции А, измеренные в зависимости от частоты преобразователя собственных нужд

Table 5

Sound levels of external noise from section A, measured depending on the frequency of the auxiliary converter

Частота преобразователя собственных нужд	Точки измерения	Высота установки микрофона, м	Измеренные значения уровней звука внешнего шума, дБА			Усредненное значение измеренных уровней звука внешнего шума, дБА	Нормативная оценка
			Порядковый номер эксперимента				
			1	2	3		
f_1 = 47 Гц	*22*	1,2	63,3	63,4	64,0	63,6	Соответствует
	23	1,2	65,2	65,3	66,2	65,6	Не соответствует
	21	3,5	64,8	64,6	65,5	65,0	Соответствует
f_2 = 53 Гц	*22*	1,2	63,3	63,3	63,4	63,3	Соответствует
	23	1,2	67,3	67,6	67,5	67,5	Не соответствует
	21	3,5	63,3	63,1	62,9	63,1	Соответствует
f_3 = 45 Гц	*22*	1,2	63,9	63,3	64,2	63,8	Соответствует
	23	1,2	62,8	64,5	63,8	63,7	Соответствует
	21	3,5	65,6	65,0	65,7	65,4	Не соответствует
f_4 = 46 Гц	*22*	1,2	64,1	63,8	63,4	63,8	Соответствует
	23	1,2	64,8	65,0	65,4	65,1	Не соответствует
	21	3,5	63,0	64,1	64,3	63,8	Соответствует
f_5 = 50 Гц	*22*	1,2	63,9	63,3	62,5	63,2	Соответствует
	23	1,2	67,3	67,6	67,5	67,5	Не соответствует
	21	3,5	63,8	62,8	63,6	63,4	Соответствует

влияния постороннего шума на результаты измерений устанавливался от трансформатора на расстоянии 0,2 м и на высоте, соответствующей его геометрическому центру (рис. 4). Было определено, что экранирующее устройство должно обладать эффективностью снижения уровней звукового давления не менее 4,5 дБ в частотном диапазоне от 1250 до 6300 Гц.

Для снижения внешнего шума трансформатора были проведены мероприятия, изложенные в [7]:

- установка экранирующего устройства, обладающего необходимыми звукопоглощающими свойствами, на часть тягового трансформатора, расположенную в подкузовном пространстве;
- оборудование вибродемпфирующим материалом корпуса тягового трансформатора.

Повторные испытания (проведенные после вышеуказанных мероприятий) в точках наблюдений *21–23* секции А показали, что эта секция соответствует нормативным требованиям п. 4.14 ГОСТ Р 55364–2012. Во время испытаний оборудование электровоза работало в штатном режиме, частота преобразователя собственных нужд составляла 50 Гц.

Характеристики внешнего шума от электровоза 2ЭВ120 № 001 на стоянке после реализации всех вышеуказанных мероприятий представлены в табл. 6. Сопоставлению с нормативными значениями подлежат усредненные величины измеренных уровней звука, их фактические значения в ней не приводятся.

Сравнительный анализ результатов испытаний (см. табл. 2, 6) показывает эффективность применения комплекса шумозащитных мероприятий по

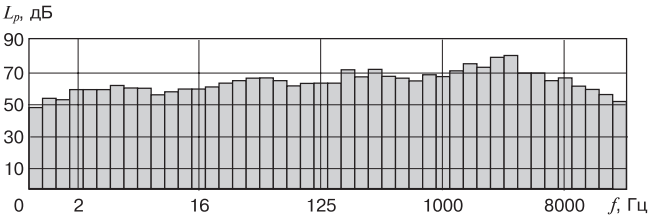

Рис. 3. Уровни звукового давления L_p, дБ, в третьоктавных полосах частот f, Гц, измеренные в точках, расположенных напротив тягового трансформатора

Fig. 3. Sound pressure levels L_p, dB, in one-third octave frequency bands f, Hz, measured at points opposite the traction transformer

снижению шума от тягового трансформатора в точках *9* и *23* на высоте 1,2 м при различных режимах работы электровоза на стоянке (табл. 7).

В результате испытаний электровоза 2ЭВ120 № 001 по показателю внешнего шума на стоянке в режиме постоянного и переменного тока после реализации разработанного комплекса организационно-технических шумозащитных мероприятий установлено, что уровень звука внешнего шума от электровоза соответствует требованиям п. 4.14 ГОСТ Р 55364–2012.

Распределение уровней звука, генерируемых вокруг работающего на стоянке электровоза, неравномерно. На рис. 5 схематично показано распределение уровня звука внешнего шума от электровоза на стоянке, работающего в режиме переменного тока до и после применения шумозащитных мероприятий.

В табл. 8 представлены для каждой точки наблюдений величины нормативного запаса по показателю

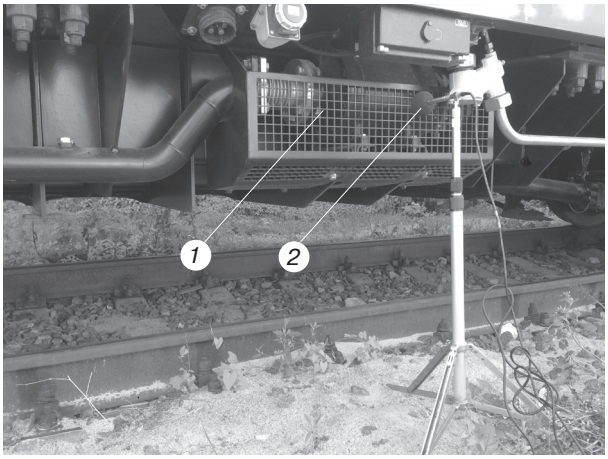

Рис. 4. Установка измерительного микрофона напротив тягового трансформатора:
1 — тяговый трансформатор; *2* — микрофон
Fig. 4. Installation of the measuring microphone in front of the traction transformer:
1 — traction transformer; *2* — microphone

внешнего шума на стоянке, определяемые разностью между нормативным значением и излучаемым уровнем звука внешнего шума после проведения шумозащитных мероприятий.

Анализ данных, представленных в табл. 8, показал, что нормативный запас в зависимости от места расположения точек измерения и режима работы электровоза 2ЭВ120 в среднем составляет от 3,5 до 13,5 дБА, достигая в отдельных точках 16–18,9 дБА. Так, уровень звука внешнего шума от тягового трансформатора был снижен в точках *9* и *23* (высота установки микрофона 1,2 м, постоянный ток) на 4,2 и 5,2 дБА соответственно (табл. 7). Вместе с тем нормативный запас в указанных точках составляет 2,1 и 1,9 дБА соответственно. Особо следует отметить точку *21* (высота микрофона 3,5 м, постоянный ток), где нормативный запас составляет всего 0,7 дБА. Для сравнения: нормативный запас в точке *21* (высота микрофона 3,5 м, переменный ток) составляет 4,8 дБА (см. табл. 8).

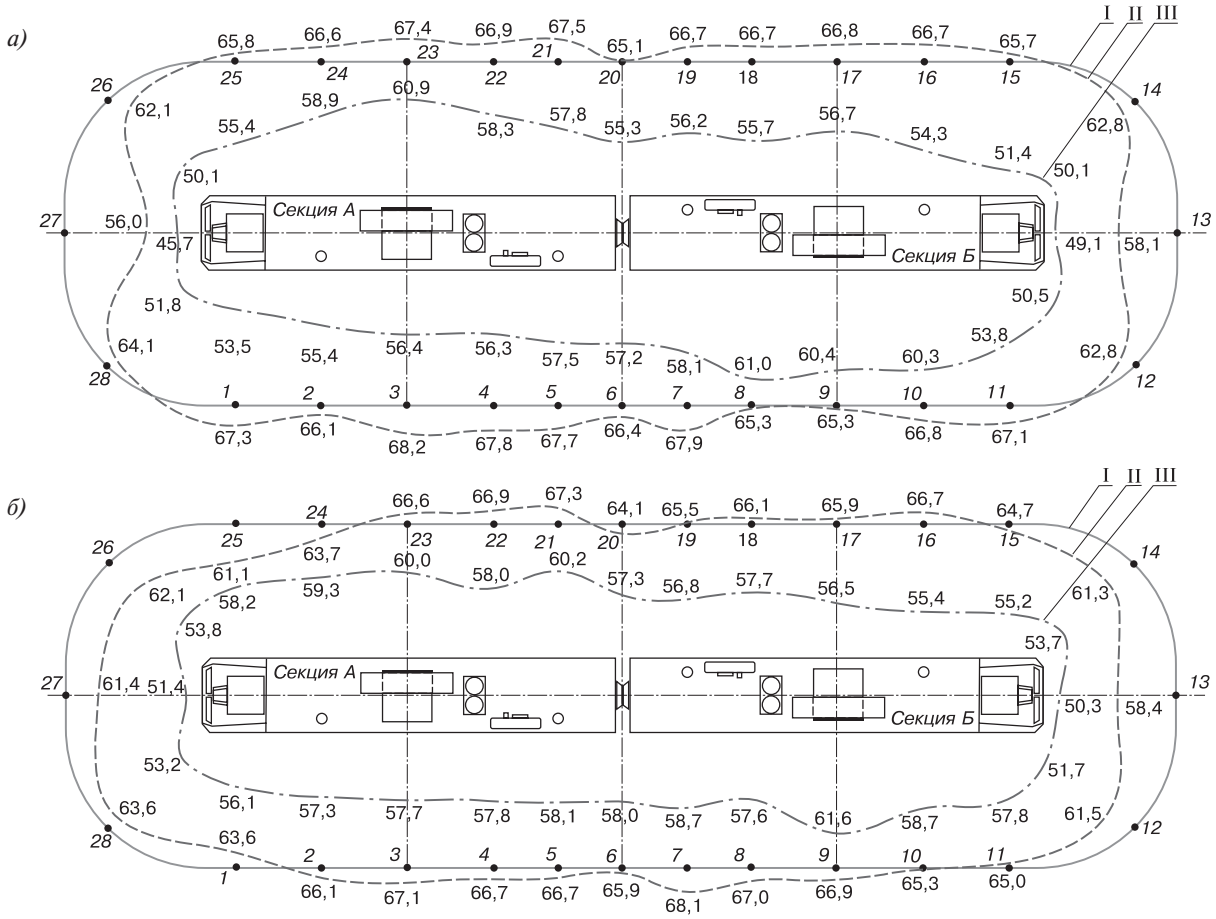

Рис. 5. Распределение уровня звука внешнего шума от электровоза на стоянке, работающего в режиме переменного тока:
а — высота установки микрофона 1,2 м; *б* — высота установки микрофона 3,5 м; I — нормируемое значение уровня звука внешнего шума L_{pA} = 65 дБА; II — распределение уровня звука внешнего шума от электровоза до реализации шумозащитных мероприятий; III — распределение уровня звука внешнего шума от электровоза после реализации шумозащитных мероприятий
Fig. 5. Distribution of the sound level of external noise from the electric locomotive in the parking lot, operating in AC mode:
a — microphone installation height 1.2 m; *б* — microphone installation height 3.5 m; I — normalized value of the sound level of external noise L_{pA} = 65 dBA; II — distribution of sound level of noise from the electric locomotive to the implementation of noise protection measures; III — distribution of sound level of noise from the electric locomotive after the implementation of noise protection measures

Таблица 6

Нормативная оценка уровня звука внешнего шума от электровоза 2ЭВ120 № 001 на стоянке после реализации шумозащитных мероприятий

Table 6

Regulatory assessment of the sound level of external noise from parked electric locomotive 2EV120 no. 001 after the implementation of noise protection measures

Номер точки измерения	Усредненные значения измеренных уровней звука, дБА, при разных режимах работы электровоза и различных высотах *h*, м, установки измерительного микрофона			
	Постоянный ток		Переменный ток	
	h =1,2	*h* =3,5	*h* =1,2	*h* =3,5
1	56,7	54,2	53,5	56,1
2	57,0	57,6	55,4	57,3
3	60,5	57,7	56,4	57,7
4	59,2	57,3	56,3	57,8
5	58,4	57,6	57,5	58,1
6	58,8	57,9	57,2	58
7	60,0	59,9	58,1	58,7
8	61,3	61,6	61,0	57,6
9	62,9	62,3	60,4	61,6
10	60,7	59,0	60,3	58,7
11	54,1	53,0	53,8	57,8
12	53,3	54,2	50,5	51,7
13	46,1	46,8	49,1	59,3
14	50,0	48,4	50,1	53,7
15	53,5	52,5	51,4	55,2
16	55,7	56,8	54,3	55,4
17	55,1	57,5	56,7	56,5
18	57,1	57,6	55,7	57,7
19	55,9	57,6	56,2	56,8
20	60,8	59,3	55,3	57,3
21	60,5	64,3	57,8	60,2
22	61,9	60,5	58,3	58
23	63,1	61,6	60,9	60
24	63,0	60,3	58,9	59,3
25	57,0	57,4	55,4	58,2
26	54,0	54,0	50,1	53,8
27	47,8	48,0	45,7	51,4
28	51,4	50,5	51,8	53,2

Таблица 7

Эффективность применения комплекса шумозащитных мероприятий по снижению уровня звука внешнего шума от тягового трансформатора

Table 7

Effectiveness of the use of noise reduction measures to reduce the sound level of external noise from the traction transformer

Номер точки измерения	Снижение уровня звука внешнего шума при работе тягового трансформатора, дБА	
	Постоянный ток	Переменный ток
9	4,2	4,9
23	5,2	6,6

Таблица 8

Значения нормативного запаса по показателю внешнего шума с учетом режима работы оборудования электровоза на стоянке

Table 8

Values of the regulatory margin in terms of external noise, taking into account operating mode of the equipment of parked electric locomotive

Номер точки измерения	Величина нормативного запаса в точках измерения, дБА, на различных высотах *h*, м, установки измерительного микрофона			
	Постоянный ток		Переменный ток	
	h = 1,2	*h* = 3,5	*h* = 1,2	*h* = 3,5
1	8,3	10,8	11,5	8,9
2	8,0	7,4	9,6	7,7
3	4,5	7,3	8,6	7,3
4	5,8	7,7	8,7	7,2
5	6,6	7,4	7,5	6,9
6	6,2	7,1	7,8	7
7	5,0	5,1	6,9	6,3
8	3,7	3,4	4,0	7,4
9	2,1	2,7	4,6	3,4
10	4,3	6,0	4,7	6,3
11	10,9	12,0	11,2	7,2
12	11,7	10,8	14,5	13,3
13	18,9	18,2	15,9	5,7
14	15,0	16,6	14,9	11,3
15	11,5	12,5	13,6	9,8
16	9,3	8,2	10,7	9,6
17	9,9	7,5	8,3	8,5
18	7,9	7,4	9,3	7,3
19	9,1	7,4	8,8	8,2
20	4,2	5,7	9,7	7,7
21	4,5	0,7	7,2	4,8
22	3,1	4,5	6,7	7
23	1,9	3,4	4,1	5
24	2,0	4,7	6,1	5,7
25	8,0	7,6	9,6	6,8
26	11,0	11,0	14,9	11,2
27	17,2	17,0	19,3	13,6
28	13,6	14,5	13,2	11,8

При испытаниях измерительный микрофон воспринимал шум от всего оборудования электровоза, работающего в штатном режиме на стоянке. Так как количество звуковой энергии, проникающей через ограждение, пропорционально его площади, то обшивка кузова электровоза, представляющая собой поверхность большой площади, может рассматриваться в данной ситуации как один из интенсивных источников внешнего шума, наряду с работой тягового трансформатора. Поэтому в качестве дополнительной меры снижения воздушной составляющей внешнего шума электровозов представляется целесообразным пре-

дусмотреть усиление звукоизолирующей способности тонкостенной обшивки кузова (через которую во внешнюю среду проникает звуковая энергия работающего внутрикузовного оборудования) при их серийном выпуске. Это можно сделать, например, установив в кузове двустенную звукоизолирующую конструкцию со звукопоглощающим материалом внутри нее [8, 9, 10, 11, 12]. Указанная мера направлена на компенсацию повышения уровня звука внешнего шума, вызванного переходом двухсистемного электровоза с одного рода тока на другой. Дополнительная амортизация внутрикузовного оборудования и виброизоляция элементов конструкции, передающих звуковую вибрацию на обшивку, позволит снизить излучение структурной составляющей внешнего шума [11, 12, 13].

Реализация предлагаемых мер даст возможность увеличить нормативный запас по показателю внешнего шума двухсистемного электровоза и тем самым снизить негативное воздействие на окружающую среду одного из основных вредных факторов.

Заключение. 1. В результате экспериментальных исследований получены характеристики внешнего шума электровоза двойного питания 2ЭВ120 № 001 на стоянке и в режиме движения с нормативной скоростью. При стационарном режиме работы электровоза (как на переменном, так и на постоянном токе) выявлено превышение уровня звука внешнего шума в отдельных точках измерения нормативных требований (п. 4.13 ГОСТ Р 55364–2012).

2. В режиме движения с нормируемой скоростью 80 км/ч на переменном и постоянном токе измеренные характеристики внешнего шума электровоза 2ЭВ120 № 001 соответствуют нормативным требованиям п. 4.14 ГОСТ Р 55364–2012. В связи с последующей доработкой электровоза 2ЭВ120 № 001 его конструкционная скорость была увеличена с 120 до 140 км/ч. Целесообразно проведение оценки динамики изменения уровня звука внешнего шума при движении электровоза со скоростью, равной 2/3 от 140 км/ч, согласно вышеуказанному ГОСТ.

3. Применение на электровозе комплекса организационно-технических мероприятий (корректировка программного обеспечения, перевод входного преобразователя в диодный режим, использование комбинированного метода экранирования и звукопоглощения шума, генерируемого работой трансформатора, оборудование рам трансформаторов обеих секций вибродемпфирующим материалом), разработанных в период проведения экспериментальных исследований учеными АО «ВНИИЖТ» совместно со специалистами ООО «ПЛК», позволило снизить внешний шум электровоза на стоянке до уровней, соответствующих нормативным требованиям п. 4.13 ГОСТ Р 55364–2012.

4. В качестве дополнительной меры снижения внешнего шума электровоза представляется целесообразным усиление звукоизолирующей способности тонкостенной обшивки кузова за счет применения, например, двустенной звукоизолирующей конструкции со звукопоглощающим материалом внутри нее, а также усиление виброизоляции элементов, передающих вибрацию от работающего оборудования к обшивке кузова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подуст С. Ф., Чукарин А. Н. Способы снижения шума и вибрации кузовов электровозов // Охрана и экономика труда. 2016. № 2. С. 49–53.
2. Москалев Б. А., Сетник Т. М. Акустические характеристики электроподвижного состава // Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения. 2011. № 2. С. 154–164.
3. Носков М. Ю., Гиншпарг М. М., Нестеров Н. С. Результаты испытаний по показателю внешнего шума электровозов на стоянке // Вестник ВНИИЖТ. 2017. Т. 76. № 5. С. 301–305. DOI: https://doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-5-301-305.
4. Шум на транспорте / пер. с англ. К. Г. Бомштейна; под ред. В. Е. Тольского. М.: Транспорт, 1995. 368 с.
5. Способы защиты от шума и вибрации железнодорожного подвижного состава / под ред. Г. В. Бутакова. М.: Транспорт, 1978. 231 с.
6. Подуст С. Ф. Анализ закономерностей шумообразования электропоездов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2012. № 14. С. 42–45.
7. Нестеров Н. С. Исследование внешнего шума электровоза нового поколения // Акустика среды обитания: сб. тр. Третьей Всерос. конф. молодых ученых и специалистов (АСО-2018, Москва, 18 мая 2018 г.) / под ред. А. И. Комкина. М., 2018. С. 183–188.
8. Груничев Н. С., Архипов Н. А., Аксенов С. А. Пути снижения шума в кабинах локомотивов на железнодорожном транспорте // Безопасность жизнедеятельности. 2010. № 2. С. 178–182.
9. 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 н/Д, 2013. 18 с.
10. Managing noise from parked trains. UIC research project. November 2014, Report no. M111955/04. URL: https://uic.org/IMG/pdf/m111955_04_ber_3e_couv.pdf (дата обращения: 18.08.2018 г.).
11. Rail Solutions White Paper EN. Acoustic Solutions Can Improve Railcar. URL: https://www.pyrotek.com/DeliverFile/63ac334c21cc4afef9a7df3c0f521347 (дата обращения: 18.08.2018 г.).
12. Platon S.-N., Tudor A. Noise Control on Locomotive Driver Workingstation // Romanian Journal of Acoustics & Vibration. 2014. Vol. 11, no. 1. P. 71–74.
13. James J., Venezia Jr. Vibration Modeling and Experimental Analysis of a Locomotive Cab: Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in par-tial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanical Engineering on May 1, 1997. URL: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/36725/etd.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата обращения: 18.08.2018 г.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

НОСКОВ Михаил Юрьевич,
инженер 1 категории, АО «ВНИИЖТ»

НЕСТЕРОВ Никита Сергеевич,
главный специалист, АО «ВНИИЖТ»

ХЛОБЫСТОВ Юрий Александрович,
заместитель технического директора, ООО «ПЛК»

Статья поступила в редакцию 27.09.2018 г., актуализирована 24.01.2019 г., принята к публикации 11.03.2019 г.

Study of the characteristics of external noise of dual-powered electric locomotive

M. Yu. NOSKOV[1], N. S. NESTEROV[1], Yu. A. KHLOBYSTOV[2]

[1] Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia
[2] Limited Liability Company "First Locomotive Company" (LLC "PLC"), Moscow, 107078, Russia

Abstract. The article presents the results of tests of a freight dual-system electric locomotive 2EV120 when operating in stationary mode and moving at normalized speed. In the course of conducting experimental studies of the sound level of external noise during operation of a locomotive at a constant and alternating current, exceeding the regulatory requirements at individual observation points was found, and it was noticed that the operation of the traction transformer is the main source of increased noise, the main component of which is air in this case. It has been established that in the sound field formed around an electric locomotive operating in the parking lot, the distribution of sound levels is uneven. An example, given in the article, describes the distribution of sound levels when an electric locomotive is operated on alternating current before and after the application of noise protection measures. In the process of testing, a set of organizational and technical measures was developed, the implementation of which reduced the external noise of the electric locomotive 2EV120 as a whole to the regulatory requirements. In particular, to reduce the noise from the operation of the traction transformer, as one of the options, it is proposed to install a shielding device in its sub-body part, the minimum efficiency of which was 4.2 dBA. Analysis of the regulatory margin for external noise showed that its value at the observation point located opposite one of the operating traction transformers equipped with a shielding device is minimal. One of the reasons for this in this case is the sound energy penetrating through the body covering of a large area, generated by the work of the locomotive's internal equipment. In order to increase the regulatory margin when the 2EV120 electric locomotive is operating at a constant current, the authors propose the following: to strengthen the sound insulation capacity of the thin-walled body plating of the electric locomotive by installing a double-wall sound-insulating structure with sound-absorbing material inside it.

Keywords: dual-powered electric locomotive; direct current; alternative current; external noise; measurement; analysis

DOI: http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-2-105-113

REFERENCES

1. Podust S. F., Chukarin A. N. *Sposoby snizheniya shuma i vibratsii kuzovov elektrovozov* [Ways to reduce noise and vibration of the body of electric locomotives]. Russian Journal of Labor Economics, 2016, no. 2, pp. 49 – 53.

2. Moskalev B. A., Setnik T. M. *Akusticheskie kharakteristiki elektropodvizhnogo sostava* [Acoustic characteristics of electric rolling stock]. Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktorskogo instituta elektrovozostroeniya, 2011, no. 2, pp. 154 – 164.

3. Noskov M. Yu., Ginshparg M. M., Nesterov N. S. *Rezul'taty ispytaniy po pokazatelyu vneshnego shuma elektrovozov na stoyanke* [Results of tests on the indicator of external noise of electric locomotives in the standing time]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2017, Vol. 76, no. 5, pp. 301 – 305. DOI: https://doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-5-301-305.

4. Bomshteyn K. G., Tol'skiy V. E. *Shum na transporte* [Noise in transport]. Moscow, Transport Publ., 1995, 368 p.

5. Butakov G. V. *Sposoby zashchity ot shuma i vibratsii zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava* [Ways to protect against noise and vibration of railway rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1978, 231 p.

6. Podust S. F. *Analiz zakonomernostey shumoobrazovaniya elektropoezdov* [Analysis of the noise formation patterns of electric trains]. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya, 2012, no. 14, pp. 42 – 45.

7. Nesterov N. S., Komkin A. I. *Issledovanie vneshnego shuma elektrovoza novogo pokoleniya* [Study of the external noise of a new generation electric locomotive]. Akustika sredy obitaniya. Sb. tr. Tret'ey Vseros. konf. molodykh uchenykh i spetsialistov (ASO-2018, Moskva, 18 maya 2018 g.) [Acoustics of the environment. Proc. of works of the Third All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists (ASO-2018, Moscow, May 18, 2018)]. Moscow, 2018, pp. 183 – 188.

8. Grunichev N. S., Arkhipov N. A., Aksenov S. A. *Puti snizheniya shuma v kabinakh lokomotivov na zheleznodorozhnom transporte* [Ways to reduce noise in the cabins of locomotives on the railway transport]. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti [Life safety], 2010, no. 2, pp. 178 – 182.

9. Podust S. F. *Obespechenie vibroakusticheskoy bezopasnosti lokomotivnykh brigad pri raschete i proektirovanii gruzovykh elektrovozov. Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk* [Ensuring vibroacoustic safety of locomotive crews in the calculation and design of freight electric locomotives. Cand. tech. sci. diss. synopsis]. Rostov-on-Don, 2013, 18 p.

10. *Managing noise from parked trains.* UIC research project. November 2014, Report no. M111955/04. URL: https://uic.org/IMG/pdf/m111955_04_ber_3e_couv.pdf (retrieved on 18.08.2018).

11. *Rail Solutions White Paper EN. Acoustic Solutions Can Improve Railcar.* URL: https://www.pyrotek.com/DeliverFile/63ac334c21cc4afef9a7df3c0f521347 (retrieved on 18.08.2018).

12. Platon S.-N., Tudor A. *Noise Control on Locomotive Driver Working station.* Romanian Journal of Acoustics & Vibration, 2014, Vol. 11, no. 1, pp. 71 – 74.

13. James J., Venezia Jr. *Vibration Modeling and Experimental Analysis of a Locomotive Cab.* Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanical Engineering on May 1, 1997. URL: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/36725/etd.pdf?sequence=1&isAllowed=y (retrieved on 18.08.2018).

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

ABOUT THE AUTHORS

Mikhail Yu. NOSKOV,
1st category Engineer, JSC "VNIIZhT"

Nikita S. NESTEROV,
Chief Expert, JSC "VNIIZhT"

Yuriy A. KHLOBYSTOV,
Deputy Technical Director, LLC "PLC"

Received 27.09.2018
Revised 24.01.2019
Accepted 11.03.2019