

С. В. ШМАКОВ (ГП «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»)

ВОЗМОЖНОСТЬ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА НА ЧЕЛОВЕКА В ПАССАЖИРСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ ВАГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА МЕТОДОМ, ОСНОВАННОМ НА ЭФФЕКТЕ МАСКИРОВКИ

Розглядається проблема по зниженню впливу тривалого транспортного шуму на людину в пасажирських приміщеннях вагона. Пропонується метод по її рішенняю. Зроблено відповідні розрахунки, проведений аналіз результатів. Запропоновано функціональну схему по технічній реалізації даного методу.

Рассматривается проблема по снижению влияния продолжительного транспортного шума на человека в пассажирских помещениях вагона. Предлагается метод по ее решению. Сделаны соответствующие расчеты, проведен анализ результатов. Предложена функциональная схема по технической реализации данного метода.

The problem of reduction of the long-term traffic noise effect on the person in coach passenger spaces is examined. The method of solving the problem is offered. The corresponding calculations and analysis of results are performed. The functional diagram on technical realization of this method is proposed.

Целью работы является возможность по использованию эффекта акустической маскировки для снижения влияния транспортного шума на человека в пассажирских помещениях поездов дальнего следования.

Возможность использования метода «маскировка» основана на том, что порог слышимости отдельных звуков изменяется в зависимости от общего уровня шума. Днем шумовой фон насыщен различными источниками шума. В ночное время количество источников шума резко уменьшается. Уровень отдельных источников шума при этом не меняется. В спектре шума появляются выраженные дискретные тона, которые оказывают раздражающее действие на пассажира.

Пассажирские перевозки железнодорожным транспортом вагонами дальнего следования имеют особенности. Пассажиры подвергаются длительному воздействию транспортного шума в вагонах поездов дальнего следования от 12 часов до нескольких суток. На это время приходится от одного до нескольких периодов бодрствования и ночного сна.

Максимально допустимые уровни транспортного шума в пассажирских помещениях вагонов локомотивной тяги регламентируются в Украине ДСТУ 4049-2001 [1], в России – НБ ЖТ ЦЛ 201-98 [2]. Численные значения этих уровней соответствуют санитарным нормам в Украине ДСН 3.3.6.037-99 [3], в России – СП 2.5 1198-03 [4]. Санитарные нормы и правила определяют уровни шума по степени

влияния на человека в зависимости от напряженности и вида работы. Указанные нормативные документы не содержат разделов, которые учитывают физиологическое влияние уровня шума на период сна или отдыха.

Результаты исследований [5] по физиологическому влиянию уровня шума на период сна содержат следующие выводы.

Первичное проявление шума на сон зависит от возраста и пола. Уровень шума, который будит лишь 5 % детей 7-8-летнего возраста, вызывает полное пробуждение 70 % людей в возрасте 69-72 лет. Разбуженный пожилой человек труднее засыпает вновь, чем человек средних лет или ребенок. Женщины легче (до 40 %) просыпаются от шума, чем мужчины.

Когда человек спит, его органы чувств, в том числе и уши, остаются «включенными». Шум низкого уровня не оказывает видимого влияния на сон, но факт восприятия шума является при анализе электроэнцефалограммы (далее - ЭЭФГ). Во время глубокого сна шум с уровнем 50...60 дБА вызывает легко идентифицируемый ответ коры головного мозга. Шумы более 60 дБА вызывают ярко выраженные ЭЭФГ. Под действием этого шума человек начинает просыпаться, образуется сдвиг глубины сна, еще не приводящего к полному пробуждению. Как показывают результаты многочисленных экспериментов, если на спящего человека, едва достигшего стадии глубокого сна, воздействовать так, чтобы, не разбудив, перевести в стадию менее глубокого сна,

результат оказывается таким же, как и при полном пробуждении. Образуется вынужденный сдвиг глубины сна. Шум постоянного уровня меньше влияет на вынужденный сдвиг глубины сна, чем шум с колебаниями уровня или прерывистый шум.

Вторичное проявление шума на сон заключается в удлинении срока, необходимого для наступления глубокого сна. В условиях фонового шума 40 дБ между моментом, когда человек ложится в постель, и наступлением нормального сна, проходило в среднем до 26 минут. При наличии транспортного шума это время составляло свыше 50 минут.

В условиях тишины слышны шуршание листьев, тиканье часов и другие звуки, но в условиях шума и помех можно не услышать даже громкий разговор. Такое повышение порога слышимости называется маскировкой. Уровни шума в пассажирских помещениях в условиях длительной эксплуатации могут значительно отличаться от значений, которые получены в результате испытаний.

В условиях эксплуатации меняется состояние вагона. Эксплуатация сопровождается физическим старением материалов, снижением амортизационных свойств ходовых частей и буферов, разбалансировкой деталей (в определенных пределах), находящихся во вращении, таких как карданный вал привода генератора, рабочих колес вентиляторов, ротора компрессора кондиционера.

Степень раздражающего действия шумов, таких как скрип ограждающих конструкций, гудение люминесцентных светильников (особенно в ночное время), трудно поддается количественной оценке и носит субъективный характер.

Существуют разные пути решения проблемы по обеспечению комфортабельных условий по шуму.

Первый путь – «пассивный» – это применение новых конструкторских и технологических решений, таких как пневмоподвеска тележек, одна тележка на два вагона, «плавающий» пол и т. п., широкое применение новых шумопоглощающих материалов, мал шумящих устройств. Этот путь позволяет существенно снизить абсолютный уровень шума.

Второй путь – это применение акустических устройств, использующих особенности слуха человека. Акустическое воздействие на человека заключается в том, что подобные устройства «размывают» звуковую картину. Для примене-

ния подобных устройств на железнодорожном транспорте есть аргументы.

Есть шумы, воздействующие на конкретного пассажира, которые невозможно устранить в принципе. Например, раздражающий храп соседа или беседа соседей по купе. Все пассажиры имеют одинаковые права по уровню комфортабельности в одном вагоне или купе, поэтому лишение одних возможности спать или отдыхать, других – общаться, вызывают одинаково негативную психологическую реакцию. Эта реакция будет тем выше, чем ниже общий уровень шума в купе. Снижение абсолютного уровня шума усугубляет этот дискомфорт.

Существуют источники шумов, которые очень сложно устранить технически. Например, стук колес, гудки маневровых локомотивов, объявления диктора на станции и т.д. Раздражающее действие уровня этих шумов зависит от возраста, пола, времени суток, времени пребывания в вагоне и даже от настроения пассажира.

Необходимо учесть колебания уровня шума. Колебания акустического шума в вагоне в общем случае невозможно устранить. Например, это звуки, которые сопровождают посадку и высадку пассажиров, чередование стоянок и различных режимов движения.

Предлагается применять устройства, которые меняют уровень ощущения звуков. «Трудные» раздражающие звуки станут физиологически неслышимыми на фоне шума, спектр которого близок к природному фону.

Спектральная плотность различных природных шумов имеет тенденцию спада в сторону высоких частот [6]. Для маскировки шумов в вагоне предлагается применить «розовый» шум. Генератор, имеющий спектральную плотность шумов с плавным спадом по амплитуде в сторону высоких частот (далее - ГРШ), воспроизводит шум («розовый»), который приближен к природным шумам.

Уровни звукового давления генератора ГРШ в третьоктавных полосах частот приведены во втором столбце табл. 1.

Третьоктавные уровни звукового давления приведены к октавным уровням по ОСТ 24.050.18-82 [7]:

$$L_{\text{окт}} = 10 \cdot \lg(10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + 10^{0.1L_3}), \quad (1)$$

где L_1, L_2, L_3 – третьоктавные уровни звукового давления, среднегеометрические частоты которых попадают в данную октавную полосу частот, дБ.

Таблица 1

**Уровни звукового давления генератора ГРШ в
третьоктавных и октавных полосах частот**

Третьоктавные полосы частот			Октавные полосы частот	
Частота, Гц	Уровень, дБ	Превышение уровней сосед- них частот, дБ	Частота, Гц	Уровень, дБ
25	92.0	5.0	31.5	88.2
31.5	87.0	5.0		
40	82.0	5.0		
50	77.0	5.0	63	74.5
63	73.0	4.0		
80	69.0	4.0		
100	65.0	4.0	125	64.1
125	62.0	3.0		
160	60.0	2.0		
200	58.0	2.0		
250	56.0	2.0	250	58.1
315	54.0	2.0		
400	52.0	2.0		
500	51.0	1.0	500	53.5
630	50.0	1.0		
800	49.0	1.0		
1000	48.0	1.0	1000	50.5
1250	47.0	1.0		
1600	46.0	1.0		
2000	45.0	1.0	2000	47.5
2500	44.0	1.0		
3150	43.0	1.0		
4000	42.0	1.0	4000	44.5
5000	41.0	1.0		
6300	40.5	0.5		
8000	40.0	0.5	8000	42.8
10000	39.5	0.5		

Максимальное превышение уровня звукового давления в одной полосе над соседними, составляет не более 5.0 дБ. Шум ГРШ, согласно классификации по ГОСТ 12.1.003-83 [8], является широкополосным.

Значения уровней звукового давления в пассажирских помещениях вагона без ГРШ и с ГРШ приведены в табл. 2.

Максимально допустимые уровни звукового давления в пассажирских помещениях во время движения приняты в соответствии с ДСТУ 4049-2001 [2], СП 2.5 1198-03 [5].

Максимально допустимые уровни звукового давления в пассажирских помещениях во время движения приняты в соответствии с ДСТУ 4049-2001 [2], СП 2.5 1198-03 [5]. Уровни звукового давления в пассажирских помещениях во время стоянки приняты как для

помещений без собственных источников шума по [8].

Таблица 2

**Уровни звукового давления в помещениях ваго-
на без ГРШ и с ГРШ**

Средне геометрическая полоса частот, Гц	Уровни звукового давления генератора ГРШ, дБ	Индекс норм. кривой 45, (стоянка), уровни звукового давления, дБ	Индекс норм. кривой 55, (движение), уровни звукового давления, дБ	Колебания уровней звукового давления, дБ			Суммарный уровень звукового давления, дБ, с ГРШ (движение)
				Без ГРШ	С включ. ГРШ		
					На стоянке	В движении	
31.5	88.2	86.0	93.0	7.0	2.2	4.8	94.2
63	74.5	71.0	79.0	8.0	3.5	4.5	80.3
125	64.1	61.0	70.0	9.0	3.1	5.9	71.0
250	58.1	54.0	63.0	9.0	4.1	4.9	64.2
500	53.5	49.0	58.0	9.0	4.5	4.5	59.3
1000	50.5	45.0	55.0	10.0	5.5	4.5	56.3
2000	47.5	42.0	52.0	10.0	5.5	4.5	53.3
4000	44.5	40.0	50.0	10.0	4.5	5.5	51.1
8000	42.8	38.0	49.0	11.0	4.8	6.2	49.9
Суммарный уровень шума, дБ			93.2	Суммарный уровень шума, дБ			94.4

Уровни звукового давления в пассажирских помещениях во время стоянки приняты как для помещений без собственных источников шума по [8].

Суммарный уровень звукового давления рассчитан по формуле [6], ГОСТ 2341-79 [9]:

$$L_{\text{сум}} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 \cdot L_i}, \quad (2)$$

где L_i - уровень звукового давления в i -й полосе частот, дБ; n – количество октавных полос.

При установке ГРШ шум в помещении приобретает спектр шириной более 8 октав. Согласно классификации по ГОСТ 12.1.003-83 [8] шум образуется широкополосный. Что особо важно, в звуковом спектре полностью отсутствуют дискретные тона.

Возьмем для анализа крайний случай, когда все уровни звукового давления во всех октавных полосах и суммарный уровень шума при движении вагона принимают максимально допустимые значения.

В соответствии с требованиями ГОСТ 26918-86 [10], ОСТ 24.050.18-82 [7] и ЦЛ 201-2003 [2] измерение уровней звука и звукового давления проводят шумомерами не ниже 1 класса точности. Нормативным документом ГОСТ 17187 – 81 [11] установлены следующие основные параметры этих приборов:

- основная погрешность градуировки по свободному звуковому полю должна составлять не более ± 0.7 дБ;

- погрешность, обусловленная изменением температуры в рабочем диапазоне должна составлять не более ± 0.5 дБ;

- для оперативной калибровки измерительных цепей шумомеров должны использоваться акустические калибраторы 1 класса точности. Калибраторы, такие как LARSON DAVIS CAL200, имеет основную погрешность по уровню ± 0.3 дБ [12].

Зарегистрировать повышение уровня шума при включении ГРШ (увеличение общего уровня составляет всего 1.2 дБ) шумомерами 1 класса точности сложно.

Для практической реализации метода «маскировка» можно использовать ГРШ, функциональная схема которого показана на рис. 1.

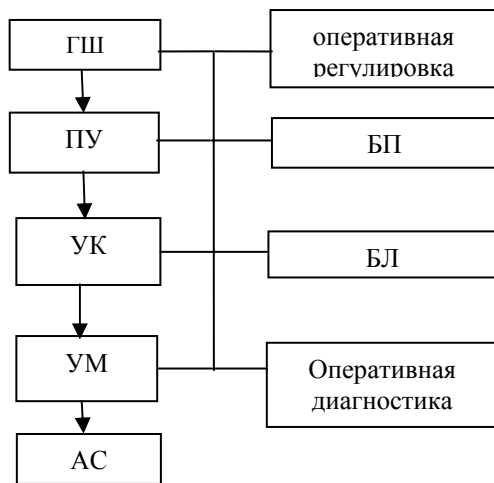


Рис. 1. Генератор ГРШ:

БП – импульсный блок питания, напряжение питания от бортовой сети вагона 80...118 В; БЛ – система блокировки от перенапряжения, коротких замыканий, повышения температуры выше допустимой, появления постоянного напряжения на входе АС, ограничитель уровня и др.; ГШ – слаботочный источник широкополосного шума с равномерной спектральной плотностью амплитуд (например, обратно смещенный стабилитрон); ПУ – высококачественный предварительный усилитель с полосой пропускания от 5 Гц до 200 кГц (широкая полоса пропускания необходима для исключения самовозбуждения усилителя в области звуковых частот в условиях входного шумового сигнала); УК – высококачественный усилитель-корректор, создающий спектральную плотность шумов по амплитуде со спадом в сторону высоких частот; УМ – усилитель

звуковых частот с номинальной мощностью не менее 15 Вт, полосой пропускания от 20 Гц до 20 кГц и коэффициентом гармоник менее 0.01% на частоте 1000 Гц; АС – высококачественная акустическая система с максимальной шумовой мощностью не менее 20 Вт, использующая широкополосные динамические головки, способные создавать звуковое давление не менее 0.1 Па в полосе частот от 31.5 Гц до 16 кГц с неравномерностью амплитудно-частотной характеристики не более 3 дБ

Конструктивно устройство может быть выполнено в виде моноблока, размещаться в надпотолочном пространстве, свободное пространство мультивентных решеток вентиляционных выпусков можно использовать как переднюю стенку акустических излучателей. План размещения предусматривает установку устройств во всех пассажирских помещениях вагона, включая коридоры и служебное отделение. Применение подобных устройств возможно только после технико-экономического обоснования, уточнения выбранных режимов работы и проведения медико-гигиенической экспертизы.

Выводы. Использование этого метода совместно с другими мерами снижения уровня шума в пассажирских помещениях вагонов железнодорожного транспорта позволит повысить уровень комфорта по шуму.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ДСТУ 4049-2001 Вагоны пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки.
2. НБ ЖТ ЦЛ 201-98 Вагоны пассажирские железнодорожные. Нормы безопасности.
3. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
4. СП 2.5.1198-03 Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте.
5. Тейлор Р. Шум. Под ред. д-ра физ.-мат. н. М.А. Исаковича. – М., 1978.
6. Ефимов А.П. Акустика. Справочник. – М.: Радио и связь, 1989.
7. ОСТ 24.050.18-82 Вагоны пассажирские и рефрижераторные. Шумовые характеристики. Нормы и методы измерения.
8. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности.
9. ГОСТ 23941-79 Шум. Методы определения шумовых характеристик. Общие требования
10. ГОСТ 26918-86 Шум. Методы измерения шума железнодорожного подвижного состава.
11. ГОСТ 17187-81 Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний.
12. Акустический калибратор модели CAL200. Технический паспорт. Год выпуска – 2003.

Поступила в редакцию 14.01.2008.