

Проблемы защиты селитебных территорий от шума железнодорожных сортировочных горок

Е. А. Калинин^{1,2}, И. В. Пирумова^{1,2}*

¹ Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск,
Российская Федерация

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: pirumova_777@mail.ru

Аннотация. Сформулированы проблемы связанные со специфическим высокочастотным шумом, создающимся при торможении отцепков на сортировочных станциях, представлены результаты измерения акустических характеристик процесса торможения. Выполнен анализ результатов научных исследований, предложений разработчиков средств защиты, который показал неполноту информации для их объективного сравнения. Представляющие интерес акустические характеристики средств, обеспечивающих снижение шума, порой имеют качественное описание: «больше» или «меньше». Для населения, проживающего вблизи сортировочной станции, имеет значение спектральная характеристика шума. Представленные разработчиками количественные характеристики не позволяют составить объективного представления об эффективности средств снижения шума. Разработчики не указывают все недостатки средств защиты, требующие совершенствования и прерывающиеся их скорейшему внедрению в производство. Проведено исследование влияния шума на сенсомоторные реакции организма человека. Обозначены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: сортировочные станции, высокочастотный шум, защита от шума

Problems of protection of residential areas from the noise of railway sorting slides

E. A. Kalinichenko^{1,2}, I. V. Pirumova^{1,2}*

¹ Siberian State University of Railway Transport, Novosibirsk, Russian Federation

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* email: pirumova_777@mail.ru

Abstract. The problems related to the specific high-frequency noise created during deceleration of uncoupling at marshalling yards are formulated, the results of measuring the acoustic characteristics of the braking process are presented. The analysis of the results of scientific research, proposals of developers of protective equipment, which showed the incompleteness of information for their objective comparison, was carried out. The acoustic characteristics of the means of noise reduction that are of interest sometimes have a qualitative description: "more" or "less". For the population living near the marshalling yard, the spectral characteristic of noise is important. The quantitative characteristics presented by the developers do not allow us to form an objective idea of the effectiveness of noise reduction tools. The developers do not indicate all the shortcomings of the means of protection that require improvement and prevent their early introduction into production. A study was made of the effect of noise on the sensorimotor reactions of the human body. The directions of further research are indicated.

Keywords: marshalling yards, high-frequency noise, noise protection

Введение

Шум, создающийся во время торможения на железнодорожных сортировочных станциях, значительно отличается от других шумов, составляющих фон в населенных пунктах. 32 важнейшие сортировочные станции в России обеспечивают операции по формированию, расформированию и пропуску грузовых поездов.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены. В данном случае проблема заключается в том, что воздействию шума в процессе торможения отцепов на сортировочных горках подвергаются как работники сортировочной станции, так население, так как жилые дома располагаются недалеко от сортировочных станций.

Такая картина наблюдается не только в России, но и в других развитых странах. Например, в Германии расположена вторая по величине в мире сортировочная станция Машен, и расстояние от одной из тормозных позиций до ближайшей селитебной территории составляет около 115 м. В США функционирует крупная в мире сортировочная станция Бейли-Ярд. Примерное расстояние от тормозных позиций до жилых домов, оцененное с помощью спутниковой карты, составляет уже около 1 км.

Некоторые страны отказались от использования сортировочных горок для расформирования и формирования грузовых составов, однако на данном этапе развития производства не во всех странах возможен отказ от такого производственного способа формирования поездов.

Наибольший уровень шума создается в процессе торможения отцепов.

Существуют разные способы снижения скорости отцепов при спуске с сортировочной горки. Наиболее распространенный и самый шумный способ – это прижатие тормозных шин с ободам колес. При этом возникают высокочастотные фрикционные колебания. Максимальные уровни шума даже на расстоянии 100 м могут превышать 80 дБА, а пиковые приближаться к 100 дБА. Такие кратковременные пиковые уровни шума можно отнести к импульсным высокочастотным шумам (разница между показаниями в режиме I (импульс) и S (медленно) превышает 7 дБ).

В настоящей работе положено начало оценке влияния высокочастотного шума на население и разработке средств защиты от шума тормозных позиций сортировочной станции Инская. Представлены результаты систематизации характеристик средств снижения шума при торможении отцепов на сортировочных горках, представлены достоинства средств и проблемы в их внедрении.

В работе приведены результаты натурных измерений и анализ уровней шума на станции Инская, проведен анализ и обобщение материалов, касающихся средств и методов защиты от шума при торможении отцепов вагонными замедлителями, определены достоинства и недостатки предлагаемых разработчиками средств защиты от шума.

Рассмотрение представленных в литературе результатов разработок и исследований средств защиты от шума сортировочных горок выявило неполноту для сравнения разных средств и методов защиты, преимущественно отсутствие информации о недостатках предлагаемых средств защиты. Проведенная работа позволит обосновано вести работу по подбору и совершенствованию средств и методов защиты от шума селитебных территорий и территорий станции.

Проблемы расчета формирования шума, его распространения, расчета и проектирования шумозащитных конструкций представлены в работах Д.А. Куклина, М.В. Буториной, П.В. Матвеева, И.А. Майбы, В.В. Шаповалова и др [1].

Актуальна проблема влияния шума, как стрессогенного фактора, на сенсорные реакции и психофизиологические параметры, а также работоспособность организма человека [2,3].

Методы и материалы

Выполнен анализ материалов научных статей, представленных в национальной библиографической базе данных научного цитирования, протоколов совещаний ОАО «РЖД», руководств по эксплуатации вагонных замедлителей и др., содержащих информацию о видах и характеристиках средств снижения шума на сортировочных горках.

Проведены инструментальные измерения характеристик шума, создающегося в процессе торможения отцепов при роспуске на нечетной и четной сортировочных горках станции Инская. Измерения выполнялись шумомером-анализатор спектра 1-го класса с действующей поверкой «Экофизика-110А» в мае 2021 года. Измерения проводились с соблюдением установленных требований в части метеорологических условий на расстоянии 3 м от крайнего рельса тормозной позиции, а также на ближайшей селитебной территории.

Проведен анализ воздействия высокого фонового шума на психофизиологические параметры организма человека.

Результаты

Борьба с шумом, который создается вагонными замедлителями при торможении вагонов, может осуществляться двумя способами: в источнике и на пути распространения звука.

Снижение высокочастотного шума в источнике может быть реализовано путём:

- изменения конструкции вагонного замедлителя и способа торможения;
- использования лубрикантов в месте контакта тормозной шины и обода колеса;
- изготовление тормозной шины из композитных материалов.

Снижение шума на пути распространения может быть обеспечено:

- защитой расстоянием, то есть увеличение расстояния между источником звука и территориями с нормируемым качеством окружающей среды;
- размещением преград (экранов, лесополосы) на пути распространения звука.

Выбор способа снижения шума зависит от акустических характеристик источника, топографических элементов местности, экономических и других показателей.

Самым современным способом предотвращения генерации фрикционных высокочастотных колебаний можно считать систему BREMEX – ANNSYS разработанную словенской компании ELPA. Система BREMEX-ANNSYS обеспечивает нанесение специальной жидкой смазки на колеса отцепов перед тормозными позициями. Однако она обладает и недостатками, например, состав смазки не обеспечивает стабильную эффективность работы при низких температурах, ветровые нагрузки влияют на точность нанесения лубриканта, высокая стоимость системы и другие.

Российскими учеными из РГУПС разработана аналогичная система, также основанная на лубрикации узла трения «колесо – шина замедлителя». Антифрикционный смазочный материал представляет собой твердое вещество – смесь адгезива и модификатора поверхности трения. Данный способ позволяет так же, как и система BREMEX-ANNSYS, эффективно снижать уровень амплитуд фрикционных автоколебаний, при этом сохраняет свои фрикционные свойства в широком диапазоне температур от +60 до –50 °С. [4]. Стоимость реализации отечественной технологии в 6-7 раз дешевле. Характеристики, влияющие на эффективность и безопасность роспуска составов и эксплуатации колес вагонов, подлежат исследованию.

Еще одним современным средством, имеющим меньший вклад на высоких частотах и ниже уровень шума, являются домкратовидные или точечные замедлители.

Точечные замедлители, недостаточно исследованы в условиях производства. Результаты научных исследований о снижении уровней шума при использовании точечных замедлителей не найдены. Наблюдения показывают, что при наезде колеса на поршень замедлителя возникает ударный шум. Так как точечные вагонные замедлители могут быть установлены в сортировочный путь на большом протяжении, то при движении вагона по пути возникают частые звуки ударов колеса о головку демпфера.

По заключению комиссии ОАО «РЖД» по оценке опыта эксплуатации домкратовидных замедлителей на станции Забайкальск, использование точечных замедлителей приводит к снижению темпа и суточных объемов переработки вагонов на крупных сортировочных станциях по сравнению с использованием классических принципов с применением нажимных вагонных замедлителей [5]. Кроме того становится невозможным производство механизированной очистки путей от снега с помощью существующей снегоуборочной техники.

Применение представленных выше способов снижения шума за счет использования модификаторов трения позволит эффективно снизить шум в самом громком источнике сортировочной станции Инская. Однако источники шума сортировочной станции не ограничиваются вагонными замедлителями. Дополнительный шум создается при работе компрессоров, движении составов по пути, громкоговорящей связи и др. Применение шумозащитных экранов является до-

полнительным средством защиты для селитебных территорий, находящихся в зоне акустического воздействия сортировочной станции.

Авторами были выполнены изменения уровней шума на станции Инская во время торможения отцепов, а также на территории жилой застройки, состоящей преимущественно из 5 этажных домов, находящихся на расстоянии минимум 120 метров от ближайшей тормозной позиции нечетной сортировочной горки сортировочной станции Инская, фоновый шум без учета работы замедлителей (табл.1).

Таблица 1

Фактические средние уровни шума и фоновые (без вклада процесса торможения) при проходе отцепа через тормозную позицию, предельно допустимые уровни шума для территории станции Инская и жилой застройки

Показатель	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									Lэкв, дБА	Lmax, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Значения для фонового шума	71,2	72,9	68,1	66,7	65,0	69,0	62,0	54,0	46,4	71,1	75,6
Шум на жилой территории при прохождении отцепа через тормозную позицию	75,6	72,2	67,4	68,0	68,6	74,3	71,5	60,1	47,9	77,3	93,77
Шум на жилой территории при прохождении отцепа через тормозную позицию	83,2	80,7	76,6	78,9	82,9	87,3	111,8	108	94,4	83,2	114,5 (пик – 137,8 дБС)
ПДУ с 7 до 23 ч	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
ПДУ с 23 до 7 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Фоновые уровни шума на территории ближайшей жилой застройки превышают допустимые значения как для дневного так и для ночного времени суток.

В таблице 2 представлена расчетная оценка расстояний без учета препятствий на пути распространения звука, на которых звуки затухают до нормативных значений.

Расчет затухания уровней звукового давления с расстоянием выполнен по формуле [6]:

$$L_{p,l} = L_{p,z} - \alpha_t \cdot s - \Delta, \quad (1)$$

где α_t – коэффициент затухания вследствие звукопоглощения атмосферой на среднегеометрической частоте; S – длина траектории распространения звука, м; Δ – затухание по другим причинам, не связанным со звукопоглощением атмосферой, дБ.

Таблица 2

Расчет затухания шума на среднегеометрических частотах

Наименование параметра	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления на расстоянии 3 м от тормозных позиций	83,2	80,7	76,6	78,9	82,9	87,3	111,8	107,9	94,4
Коэффициент затухания для температуры 20 °С, влажности 60 %	0	0,0897	0,386	1,23	2,79	4,8	9,25	25,4	87,8
Расстояние, на котором уровень звука не будет превышать дневной ПДУ, км	-	-	-	-	-	1,4	3,7	1,3	0,2

Из-за значительного превышения норм высокочастотные звуки требуют наибольшего расстояния затухания.

Подбор защитных экранов позволит в некоторой степени ослабить уровни звука, достигающие жилой застройки. Установка звукопоглощающих экранов не будет приводить к отражению большей части звуковых волн, не ухудшит условия труда работников.

При таких значительных превышениях ПДУ акустические экраны не могут обеспечить необходимую эффективность, как единственное средство защиты. С другой стороны положительным моментом является то, что эффективность акустических экранов, кроме прочего, зависит от длины волны, поэтому такие экраны показывают наибольшую эффективность в области высоких частот, именно тех, которые создаются при торможении отцепов. Эффективность акустических экранов на открытой местности по результатам натурных измерений может составлять около 20 дБА, с учетом их расположения по отношению к источнику шума.

Согласно [6] зона акустической тени при высоте экрана 3 м заканчивается на расстоянии примерно 25 метров от экрана, для экрана высотой 6 м – на расстоянии примерно 40 м.

Подбор эффективных шумозащитных экранов требует учета условий их размещения (рельеф местности, этажность зданий, близость расположения зданий к источнику шума). На станции Инская есть участки, где тормозные позиции расположены на уровне средних верхних этажей домов, есть те, что расположены на уровне первых этажей.

Обсуждение

Проведенный анализ результатов измерений и характеристик средств защиты от шума сортировочных станций на взгляд авторов говорит о том, что производственные объекты, имеющие источники шума, уровни звука которых превышают нормативные значения на несколько десятков децибел, должны располагаться вдали от селитебных территорий. В противном случае, решение этой непростой задачи требует реализации комплекса дорогостоящих мероприятий.

Рассмотренные характеристики средств снижения шума, представленные в ряде работ, не позволяют провести сравнение и оценку по значимым показателям, в частности отсутствует информация о спектральной характеристике источников шума, а также максимальные и пиковые значения уровней звука. Это связано с пока недостаточной изученностью и малым количеством практических исследований новых разработок в области снижения шума на сортировочных горках.

Замена вагонных замедлителей на менее шумные, установка модулей для нанесения лубрикантов, замена стальных тормозных шин на композиционные, многометровых ограждений из шумозащитных экранов являются очень дорогостоящими мероприятиями. Внедрение усовершенствованных конструкций замедлителей и тормозных шин, ограничивается недостаточными практическими данными в части обеспечения безопасности процесса роспуска вагонов и формирования составов.

Анализ результатов психофизиологической диагностики, в собственных исследованиях, показал увеличение времени простой и сложной сенсомоторных реакций при помещении испытуемых в условия шумовой нагрузки, что свидетельствует о снижении концентрации внимания и замедлении процессов обработки и восприятия информации. Кроме того, отмечено увеличение времени реакции на слуховой и зрительный раздражители, сокращение количества правильных реагирований на зрительный стимул. Исследование реакции на движущийся объект показало тенденцию к упреждению, что свидетельствует о преобладании процессов возбуждения в центральной нервной системе, это приведет к последующему быстрому утомлению и невозможности эффективного отдыха, необходимого как работникам во время регламентированных перерывов, так и жителям прилегающей к железной дороге территории.

Экстраполируя полученные результаты на работников железнодорожного транспорта, получаем снижение работоспособности и концентрации при постоянной работе в условиях повышенного шума, что может повлечь за собой снижение производительности труда, возникновение производственных травм, увеличению риска чрезвычайных ситуаций.

Заключение

На современном этапе внедрение предлагаемые разработчиками современных средств снижения шума в источнике при торможении отцепов, обеспечивающие эффективное снижение уровней шума, осложняется высокой стоимостью

установки, снижением производительности, а в некоторых случаях и безопасности роспуска железнодорожных составов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству СГУПС за финансирование работ по исследованию шума, а также благодарят главного инженера Западно-Сибирской железной дороги, сотрудников Инской дистанция сигнализации, централизации и блокировки за организацию и помощь в выполнении измерений на территории сортировочной станции Инская.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Импортозамещающая технология подавления шума на сортировочных комплексах Шаповалов В.В., Майба И.А., Муртазаалиев Р.М., Корниенко Р.А. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2016. №1 (186). С. 63-70.
2. Нехорошкова Н.А. Сенсомоторные реакции в психофизиологических исследованиях: // Журнал медико-биологических исследований. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sensomotornye-reaktsii-v-psihofiziologicheskikh-issledovaniyah-obzor>
3. Погonyшева И.А. Влияние шума на психофизиологические параметры и работоспособность организма человека: // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-shuma-na-psihofiziologicheskie-parametry-i-rabotosposobnost-organizma-cheloveka>
4. Расчёт и снижение шума качения поездов: автореферат дис. кандидата технических наук : 01.04.06 / Матвеев Пётр Владимирович; [Место защиты: Балт. гос. техн. ун-т (ВОЕНМЕХ) им. Ф.Д. Устинова]. - Санкт-Петербург, 2014. - 23 с.
5. Протокол выездного совещания при начальнике отдела организации работы станций департамента управления перевозками от 7 июня 2006 г. № ЦДС-17-4 «Об итогах работы комиссии на станции Забайкальск Забайкальской ж. д. по оценке опыта эксплуатации домкрато-видных замедлителей типа TDJ китайского производства.»
6. ГОСТ 31295.1-2005 (ИСО 9613-1:1993) Шум. Затухание звука при распространении на местности Часть 1. Расчет поглощения звука атмосферой.

© Е. А. Калининченко, И. В. Пирумова, 2022