

## Опыт проектирования шумозащитных мероприятий при строительстве железных дорог в России и Италии

Иванов Н.И.<sup>1</sup>, Бойко Ю.С.<sup>2</sup>, Луцци С.<sup>3</sup>, Карлетти Э.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Д.т.н., заведующий кафедрой «Экология и безопасность жизнедеятельности», БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1

<sup>2</sup>К.т.н., ассистент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1

<sup>3</sup>Адъюнкт-Профессор Университета Флоренции, Президент и Технический директор *Vie en.ro.se. Ingegneria*, Флоренция, Италия

<sup>4</sup>Старший научный сотрудник, Институт сельскохозяйственных и землеройных машин (IMAMOTER), Совета Италии (CNR), Феррара, Италия

### Аннотация

В статье описаны методы расчета и прогнозирования акустической обстановки при строительстве железных дорог, представлены сведения о размерах зон акустического дискомфорта вдоль строительных площадок для различных технологических звеньев. Приведены шумовые характеристики строительных машин и оборудования, применяемых в России и Италии. Представлен перечень и дано краткое описание основных шумозащитных мероприятий, практикуемых в России и Италии.

**Ключевые слова:** шум, строительство, железные дороги, шумозащитные мероприятия.

### *Experience in noise protection measures for railways constructions in Russia and Italy*

*Ivanov N.I.<sup>1</sup>, Boiko I.S.<sup>2\*</sup>, Luzzi S.<sup>3\*</sup>, Carletti E.<sup>4\*</sup>*

<sup>1</sup>*Doctor of Engineering Science, Professor, Head of Department 'Ecology and life safety'*

<sup>2</sup>*PhD of Engineering Science, Assistant of Department 'Ecology and life safety'*

<sup>1,2</sup>*Baltic State Technical University 'VOENMEH' named after D.F. Ustinov, Saint Petersburg, Russia*

<sup>3</sup>*Adjunct Professor at University of Florence, President and Technical Director of Vie en.ro.se. Ingegneria, Florence, Italy*

<sup>4</sup>*Senior researcher Institute for agricultural and earth-moving machines (IMAMOTER), Council of Italy (CNR), Ferrara, Italy*

### Abstract

*This article describes methods to calculate and assess of the acoustic conditions during the railways construction. It gives information about sizes of the acoustic discomfort zones along construction sites for various technological units. Noise performances of construction machinery and equipment used in Russia and Italy is also given. The list and a brief description of the major noise mitigation measures used in practice in Russia and Italy are finally presented.*

**Key words:** *noise, construction, railways, noise protection.*

### Введение

Железная дорога является источником повышенного физического воздействия на окружающую среду и прилегающие селитебные территории не только во время ее эксплуатации, но и на этапе строительства. Так, разработка шумозащитных мероприятий при проведении строительных работ железной дороги – необходимое условие сохранения благоприятной акустической обстановки и соблюдения санитарных норм. Учитывая специфику ведения строительства железных дорог, связанную с многоэтапностью технологии и протяженностью объекта, разработка шумозащитных мероприятий должна выполняться индивидуально для каждого участка и подтверждаться акустическими расчетами отдельно для каждого технологического звена.

\*E-mail: [iulia.boiko@gmail.com](mailto:iulia.boiko@gmail.com) (Бойко Ю.С.), [sergio.luzzi@unifi.it](mailto:sergio.luzzi@unifi.it) (Луцци С.), [e.carletti@imamoter.cnr.it](mailto:e.carletti@imamoter.cnr.it) (Карлетти Е)

## 1. Анализ технологических схем сооружения железной дороги и шумовых характеристик строительных машин и механизмов

При проведении оценки воздействия строительных работ железной дороги на окружающую среду в первую очередь необходимо определить наиболее неблагоприятные с акустической точки зрения технологические звенья согласно организационным схемам ведения строительства. Условно, можно выделить два крупных комплекса работ: сооружение земляного полотна и сооружение верхнего строения пути.

Сооружение земляного полотна осуществляется последовательными звеньями работ и включает в себя:

а) укрепление основания земляного полотна с использованием сваебойных установок, буровых установок, кранов на автомобильном ходу, автомобилей бортовых и др.;

б) сооружение земляного полотна (замена грунтов основания, отсыпка дренирующим грунтом и защитного слоя, разравнивание грунта и уплотнение, планировка откосов, подготовка земляного полотна к сдаче под укладку верхнего строения пути) с использованием экскаваторов, бульдозеров, в том числе бульдозеров с рыхлителем, автосамосвалов, катков на пневматических шинах, катков вибрационных, поливомоечных машин, автогрейдеров, планировщиков откосов и др.

Верхнее строение пути может сооружаться с балластным слоем и без балластного слоя. При возведении балластного пути в различных технологических звеньях используются следующие наиболее шумные строительные машины и механизмы: укладочный кран, кран на железнодорожном ходу, машина для подбивки шпал, тепловозы маневровые, компрессоры, электробалластеры, выправочно-подбивочно-рихтовочные машины, хоппер-дозаторы, путевые рельсосварочные машины, рельсосварочные поезда и др.

При возведении безбалластного пути в различных технологических звеньях наиболее шумными машинами и механизмами являются: бетоноукладчики, автобетоносмесители, автобетононасосы, автокраны, плитоукладчики, бортовые автомобили, асфальтоукладчики, автогудронаторы, автосамосвалы, катки, фреза дорожная, рельсоукладочные машины, путевые рельсосварочные машины, рельсосварочные поезда и др.

Для оценки акустической обстановки на прилегающих к строительным площадкам территориям были собраны и проанализированы сведения по шумовым характеристикам машин и механизмов, задействованных при сооружениях земляного полотна и верхнего строения пути (табл. 1). Основными источниками шума при выполнении строительных работ являются двигатели и рабочие органы строительных машин.

Таблица 1

Шумовые характеристики строительного оборудования

№	Тип строительной техники	Результаты измерений, выполненные в РФ [1-8]		Результаты измерений, выполненные в Италии [13]		
		Эквивалентный уровень звука, дБА	Максимальный уровень звука, дБА	Среднее значение измеренного УЗМ, дБА	Размер образца машины	Средний УЗД, дБ (r = 7,5 м)
1	Экскаватор (емк. ковша 1,25 м <sup>3</sup> )	71	76	97,6	665	72,1
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [1]				
2	Бульдозер	76	82	105,3	69	79,8
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [1]				
3	Бульдозер с рыхлителем	76	82	105,3	69	79,8
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [1]				
4	Автогрейдер	74	76	103,6	9	78,1
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [2]				
5	Планировщик откосов	82	85	-	-	-

№	Тип строительной техники	Результаты измерений, выполненные в РФ [1-8]		Результаты измерений, выполненные в Италии [13]		
		Эквивалентный уровень звука, дБА	Максимальный уровень звука, дБА	Среднее значение измеренного УЗМ, дБА	Размер образца машины	Средний УЗД, дБ (r = 7,5 м)
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [2]				
6	Каток на пневмошинах (11 т)	65	70	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [1]				
7	Каток вибрационный	70	75	104,3	764	78,8
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [1]				
8	Асфальтоукладчик	77	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [2]				
9	Компрессор (произв. 5 м <sup>3</sup> /мин)	80	82	93,8	615	68,3
		r <sub>0</sub> = 1,0 м [1]				
10	Автогудронатор (7500 л)	72	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [3]				
11	Фреза дорожная	64,3	74,5	108,4	31	82,8
		r <sub>0</sub> =30 м [4]				
12	Конвейерные и распилительные машины	-		101,4	117	75,9
13	Рельсоукладочная машина	63	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> =25 [1, 5]				
		69	72			
		r <sub>0</sub> =7,5 [1, 5]				
		total level				
		65,2	78			
		r <sub>0</sub> =25				
14	Путевая рельсо-сварочная машина	63	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> =25 [5, 2]				
		73	74			
		r <sub>0</sub> =7,5 [5, 2]				
		общий УЗ				
		67,2	78			
		r <sub>0</sub> =25				
15	Рельсосварочный поезд	63	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> =25 [5, 2]				
		73	74			
		r <sub>0</sub> =7,5 [5, 2]				
		общий УЗ				
		67,2	78			
		r <sub>0</sub> =25				
16	Электробалластер	63	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> =25 [5]				
17	Выправочно-подбивочно-рихтовочная машина	63	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> =25 [5, 1]				
		62	68			
		r <sub>0</sub> =7,5 [5, 1]				
		общий УЗ				
		63,5	78			
		r <sub>0</sub> =25				
18	Кран на автомобильном ходу	74	78	102,2	210	76,7
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [6]				
19	Кран на ж.-д. ходу	74	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [6]				

№	Тип строительной техники	Результаты измерений, выполненные в РФ [1-8]		Результаты измерений, выполненные в Италии [13]		
		Эквивалентный уровень звука, дБА	Максимальный уровень звука, дБА	Среднее значение измеренного УЗМ, дБА	Размер образца машины	Средний УЗД, дБ (r = 7,5 м)
20	Сваебойная установка	87	91	128,1	15	102,6
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [2]				
21	Буровая установка	66	68	107,7	202	82,2
		r <sub>0</sub> = 30 м [7]				
22	Автомобиль бортовой (г/п 15 т)	74	77	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [8]				
23	Автобетоносмеситель	76	78	104,8	96	79,3
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [2]				
24	Автосамосвал	63	68	105,2	295	79,7
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [1]				
25	Бетоноукладчик	77	78	104,9	79	79,4
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [2]				
26	Машина для подбивки шпал	77	80	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [2]				
27	Тепловозы маневровые	63	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 25 м [5]				
28	Поливомоечная машина	72	78	98	17	72,5
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [3]				
29	Плитоукладчик	77	78	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [2]				
30	Хоппер-дозатор	69	72	-	-	-
		r <sub>0</sub> = 7,5 м [1, 5]				
		63	78			
		r <sub>0</sub> = 25 м [1, 5]				
		общий УЗ				
		65	78			
r <sub>0</sub> = 25 м						

Строительство протяженных объектов осуществляется захватками.

Для оценки шума при строительстве железных дорог предлагается выделять участки по 3 км, на которых поочередно производят работу все строительные машины и оборудование, задействованные при осуществлении работ на различных технологических звеньях.

## 2. Методика проведения расчетов по определению зоны акустического дискомфорта

### 2.1. Расчет максимального уровня звука

В России определение уровней звука в расчетных точках проводится в соответствии с СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» [10], СП 51.13330-2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» [11].

Уровень звука на расстоянии  $r$  от линейного источника непостоянного шума определяется по общеизвестной формуле:

$$L = L_A - 15 \lg \frac{r}{r_0} - \frac{\beta_a \cdot r}{1000} + 10 \lg n, \text{ дБА} \quad (1)$$

где  $L_A$  – уровень звука от проезда одной единицы техники, дБА (согласно справочным данным, протоколам измерений уровня шума на строительной площадке от работающего оборудования – табл. 1), дБА;

$r$  – расстояние от источника шума до расчетной точки, м;

$\beta_a$  – затухание звука в атмосфере, дБ/км (при проведении расчетов уровней звука принимается значение параметра для частоты 1000 Гц, равного 6 дБА);

$r_0$  – опорное расстояние от источника шума до точки измерения шума, м;

$n$  – количество источников шума, работающих одновременно в течение расчетного времени, шт.

При определении уровня звука от точечного источника непостоянного шума параметр  $15 \lg \frac{r}{r_0}$  в формуле (1) заменяется на  $20 \lg \frac{r}{r_0}$ .

Суммарный уровень звука  $L_{\text{сум}}$  в расчетной точке от всех источников шума определяется путем энергетического суммирования уровней звука  $i$ -ых источников шума, рассчитанных по формуле (1).

Уровень звука в помещении определяется с учетом звукоизоляции стандартного оконного заполнения и принимается равным 15 дБА ( $\Delta L_{\text{окна}}=10$  дБА согласно табл.31 СНиП П-12-77 [9] и формулы 17 СНиП 23-03-2003 [10]).

Дополнительно при определении уровней звука в расчетных точках с учетом их снижения с расстоянием учитываются полосы зеленых насаждений  $\Delta L_{A \text{ зел}}$ , что важно при прохождении железных дорог по зеленым массивам. Согласно [9] снижение уровня звука плотными полосами зеленых насаждений шириной свыше 100 м принимают равным 8 дБА.

## 2.2. Расчет эквивалентного уровня звука

Эквивалентный уровень звука непостоянного источника шума определяется по общеизвестной формуле согласно СНиП 23-03-2003 [10], СП 51.13330-2011[11]:

$$L_{\text{экв}} = 10 \times \lg \left( \frac{1}{T} \times \sum \tau_j 10^{0,1 \times L_j} \right) \quad (2)$$

где:  $L_{\text{экв}}$  - эквивалентный уровень звука, дБА;

$T$  - общее время воздействия шума,  $T=960$  мин (для дневного периода времени – 16 часов);

$\tau_j$  - время воздействия за рассматриваемый период, мин;

$L_j$  - уровень воздействия за время  $T$ , дБА.

Расчет эквивалентных уровней звука в расчетных точках с учетом затухания звука на местности осуществляется по формулам, аналогичным формулам для определения максимальных уровней звука, представленным в разделе 2.1.

## 2.3. Определение зоны акустического дискомфорта

Зона акустического дискомфорта определяется отдельно для максимального и эквивалентного уровней звука исходя из шумовых характеристик оборудования, машин и механизмов (табл. 1), времени и режима их работы, количества единиц строительной и дорожной техники, работающих одновременно на захватке или строительной площадке, и действующих на территории государства санитарных норм.

В России действуют СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы» [12], регламентирующие допустимые уровни шума. Так, на территориях, непосредственно

прилегающих к жилым домам, в дневное время суток (с 7 до 23 часов) эквивалентные уровни звука не должны превышать 55 дБА, максимальные уровни звука – 70 дБА, в ночное время суток (с 23 до 7 часов) соответственно 45 и 60 дБА [Табл. 3, 12]. В жилых комнатах квартир эквивалентные и максимальные уровни звука не должны превышать соответственно 40 и 55 дБА в дневное время, и 30 и 45 дБА – в ночное.

При проведении расчетов по формулам, представленным в разделах 2.1-2.2 с исходными шумовыми характеристиками машин, описанными в Табл. 1, при сооружении земляного полотна в зависимости от технологического звена зона санитарного разрыва для селитебных территорий варьируется от 50 до 95 м с условием соблюдения «разряженного» режима работы, когда строительные машины с высокими шумовыми характеристиками не производят работы одновременно. По эквивалентному уровню звука зона санитарного разрыва составит 115-250 м для различных технологических звеньев.

При сооружении безбалластного верхнего строения пути для аналогичных условий зона санитарного разрыва по максимальному уровню звука составляет от 50 до 110 м, а при сооружении балластного верхнего строения пути – от 50 до 125 м. По эквивалентному уровню звука зона санитарного разрыва определяется диапазоном 220-250 м.

Зона санитарного разрыва по максимальному уровню звука может быть сокращена путем введения графика режима работы машин и механизмов, эквивалентного – путем ограничения непрерывного времени работы и ее равномерного распределения в течение рабочего дня. Так, для большинства технологических звеньев при сооружении земляного полотна и сооружении верхнего строения пути, зона акустического дискомфорта по эквивалентному уровню звука составит порядка 250 м. Стоит отметить, что данный размер зоны санитарного разрыва определяет расстояние, на котором достигаются нормативные уровни звука для территорий, непосредственно прилегающим к жилым домам. В случае же, если нормируется не жилая застройка, а объекты, требования к которым по санитарным нормам более жесткие (например, больницы, санатории, площадки отдыха, детские лагеря и др.), то зона санитарного разрыва может достигать 730 м (для обеспечения нормы в 45 дБА) и более. Безусловно, в этом случае, в условиях стесненной жилой застройки, требуется разработка качественных и высокоэффективных шумозащитных мероприятий.

Также нужно учитывать, что все вышеприведенные значения по размеру зон санитарного разрыва определены для дневного времени суток, при условии, что проведение строительных работ ночью запрещено (с 23 до 7 часов). Одновременно с этим, ряд работ на строительной площадке осуществляются круглосуточно. Так, например, любая строительная площадка и строительный городок нуждаются в круглосуточном электроснабжении для освещения строительных площадок, охраны и пр. В случае отсутствия технической возможности подключения к постоянным сетям, устанавливаются передвижные дизель-генераторные установки, работающие круглосуточно. Оценку их шумового воздействия в зависимости от их мощности и количества следует помимо дневного времени суток производить и для ночного периода времени. Результаты расчетов зоны санитарного разрыва от дизель-генераторной станции в ночное время следует также учитывать при определении окончательной зоны санитарного разрыва от строительной площадки в целом.

Более того при выполнении индивидуальных расчетов для каждого участка необходимо также учитывать фоновые уровни шума на конкретных участках.

После определения размера зоны санитарного разрыва, перечня нормируемых объектов, должно быть определено требуемое снижение эквивалентных и максимальных уровней звука в расчетных точках исходя из условия превышения суммарных уровней шума над предельно допустимыми уровнями.

### **3. Шумозащитные мероприятия, проводимые при строительстве железных дорог в России**

В период проведения строительных работ железнодорожных путей в зависимости от требуемого снижения в качестве шумозащитных могут применяться следующие мероприятия:

- установка передвижных шумозащитных экранов (выполняется во время подготовки территории строительства);
- установка шумозащитного остекления (выполняется во время подготовки территории строительства);
- использование строительной техники с минимальными шумовыми характеристиками;
- проведение строительных работ, характеризующихся высоким уровнем шума, только в период с 9.00 до 18.00, когда большинство горожан находятся на рабочих местах;
- запрет на проведение работ в ночное время суток (с 23.00 до 7.00), выходные и праздничные дни;
- акустически-обоснованная расстановка машин на строительной площадке на как можно большем расстоянии от жилых домов и максимальным использованием естественных преград, рассредоточение строительной техники;
- использование дизель-генераторных установок в шумозащитном капотном исполнении;
- проведение строительных работ по графику периодичности работы строительной техники;
- производство профилактического ремонта механизмов;
- улучшение качества подъездных и внутриплощадочных дорог;
- ограничение скорости движения строительной техники и автомашин по стройплощадке;
- ограничение времени работы строительной техники;
- стоянка строительной техники только с выключенным двигателем.

#### **4. Шумозащитные мероприятия, проводимые при строительстве железных дорог в Италии**

В данном разделе представлены некоторые методы и процедуры по контролю уровня шума в местах технического обслуживания железных дорог, в частности в отношении Методических рекомендаций, подготовленных итальянской Национальной железнодорожной компанией RFI [14] в 2007 г., предоставивших специалистам по акустике и администрации инструмент для оценки, который может быть гибко применен к большинству акустических сценариев, представляющих очередное и внеочередное техническое обслуживание железнодорожных линий.

При разработке Методических рекомендаций [14] с участием RFI, университета Флоренции и *Vie en.ro.se. Ingegneria* была определена процедура для оценки уровня шумового загрязнения окружающей среды, производимого при ремонте железнодорожных путей, простым и быстрым способом. Используя этот метод, легко определить уровень превышения установленных нормативов и максимально допустимое время для приносящих беспокойство видов деятельности.

Деятельность на местах по техническому обслуживанию железнодорожных линий определяет акустическое воздействие особой сложности во всех районах, включая жилые и чувствительные к шуму объекты (школы, больницы). Они осуществляются в основном в ночное время и характеризуются использованием особо шумного оборудования и машин.

Методические рекомендации были разработаны для оказания помощи эксплуатационным компаниям и их акустическим консультантам при оценке акустического воздействия их деятельности, а также для подготовки и управления соответствующими

запросами на разрешение, как это предусмотрено итальянским законом о шумовом загрязнении [15] и другими конкретными указами в отношении железнодорожного шума.

С помощью ИСО 9613-2 [16] были построены алгоритмы, где выделяются точечные источники шума, движущиеся по железнодорожной линии, и, далее, определяются модели распространения шума на железнодорожном транспорте от всей площади строительства до приемников (расчетных точек у нормируемых объектов).

В обобщенном виде предлагаемая методология систематически затрагивает тему шума, создаваемого участками железнодорожного технического обслуживания: начиная с ряда сценариев излучения шума каждым источником шума отдельно, включая наиболее важные виды деятельности на участке, до определения значений производимого и распространяемого шума, адаптируемых к самым разнообразным вводным сценариям и, следовательно, пригодным для использования в самых различных контекстах применения.

**Процедура разделяется на четыре этапа:**

- 1) **Источники:** акустическая характеристика излучения шума машин;
- 2) **Модели в свободном поле:** моделирование одиночных источников шума и условий излучения в свободном поле;
- 3) **Модели в стандартных условиях:** адаптация к входным условиям;
- 4) **Документация:** подготовка документов для разрешения, частичного ограничения, протоколов.

Изначально рассматриваются 10 стандартных сценариев, представляющих собой 10 возможных типов применения оборудования, выполняемых на участках технического обслуживания железных дорог, и рассматриваются источники, являющиеся частью этого. Согласно методике, каждый источник может рассматриваться как индивидуально, так и как часть системы, характеризуясь точными техническими спецификациями в части использования и современности шумных рабочих элементов, входящих в его состав.

Данные о количественных и качественных характеристиках акустического излучения собираются или измеряются для каждого исследуемого вида оборудования с использованием существующих баз данных, насколько это возможно. Определяются значения звуковой мощности, которые должны быть связаны с каждым источником и каждым типом сценария, и определяются таблицы данных об источниках излучения (одиночные или комплексные сценарии для оборудования), дающие информацию о сонограммах излучения в свободном поле, времени использования и современности, определенные в стандарте. Конечно, при применении данных таблицы необходимо проверить согласованность реального времени по сравнению со стандартным расчетом времени. Если такая совместимость не проверена, корректирующие факторы могут применяться в соответствии с алгоритмом адаптации, который прилагается к Методическим рекомендациям [14].

Таким образом, можно определить воздействие на все жилые дома, присутствующие в данном сценарии. Если нормативные значения не соблюдаются, должен быть сделан запрос на получение разрешения на отступление от нормативов.

Вместе с тем следует предусмотреть ряд возможных мер по уменьшению последствий шума и приложить их к описанию в технической документации, прилагаемой к запросу.

Таблица уровней звуковой мощности при бурении при укладке рельсов и карта равных кривых звукового давления, рассчитываемых в условиях свободного поля представлена на рисунке 1.



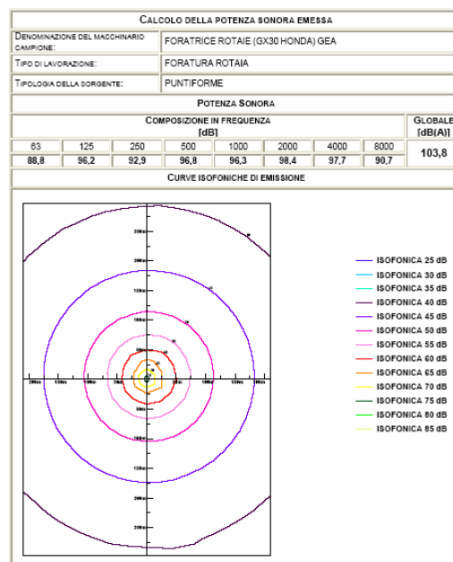


Рис. 1. Таблица уровней звуковой мощности при бурении при укладке рельсов и карта равных кривых звукового давления, рассчитываемых в условиях свободного поля

В специальном приложении к Методическим рекомендациям [14] описаны основные работы по уменьшению последствий шума, которые могут быть включены в сценарии распространения шума, они могут действовать для снижения уровня излучения в источнике или для прерывания путей распространения шума в пространстве. Такие меры, как мобильные шумозащитные экраны, оцениваются с учетом универсальности монтажа, устойчивости к погоде, возможности мойки и особенно адаптивности к множественным и сложным конфигурациям источников. Размещение таких шумозащитных экранов по основным путям распространения обеспечит в момент активности источника общее снижение шума от участка.

В дополнение к техническим мерам, могут быть применены указания на поведенческие, организационные и процедурные меры, связанные с акустической оптимизацией хронограммы участка и оптимизацией оказывающих наибольшее влияние или относительно значимых отдельных воздействий в условиях комплексного воздействия.

Благодаря моделированию двора и прилегающих территорий с помощью соответствующего программного обеспечения воспроизводятся характерные элементы реальных условий и сценариев на объекте, действующих при проведении работ по техническому обслуживанию. Необходимость сообщать о полной оценке за весь день или целые ночные контрольные периоды времени заставляет задуматься не только об излучении от каждого шумного устройства в абсолютном выражении, но и о том, как долго будет продолжаться использование каждой машины в последовательности обработки. Поэтому необходимо точно определить сроки различных операций для каждого этапа работы, в конкретных акустических хронограммах работ.

Деятельность по сносу и восстановлению железнодорожной стрелки в реальных условиях на объекте представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Деятельность по сносу и восстановлению железнодорожной стрелки в реальных условиях на объекте

В таблице 2 приведен пример хронограммы, относящейся к работам по техническому обслуживанию.

Таблица 2

Хронограмма сноса и восстановления работы железнодорожной стрелки в реальных условиях

Модель машины/ процесс	Кодирование	Кол-во машин	РАБОЧИЕ ЧАСЫ				Коэффициент использования в наиболее шумные пол часа (%)
			1	2	3	4	
Погрузчик	SC - M05	2/1					50
Буровая установка	SC - M10	2					5
Wicker	SC - M12	2					5
Manual wrench	SC - M13	1					5
Генераторная установка	SC - M19	2					100
Резка рельсов	SC - M21	2					5
Механическая машина	SC - M22 A	1					80
Отопительная машина	SC - M22 B	1					20
Binda	SC - M23	4					100
Гусеничные экскаваторы	SC - M25	1					100

Наконец, можно создавать карты шума, касающиеся шума, передаваемого в окружающую среду, на основе каждого вида деятельности, представленные стандартным сценарием излучения, по реальному сценарию в полевых условиях за рассматриваемый базовый период времени. Что касается всех других комплексных источников, то нет универсальной схемы эффективного управления шумом, и каждый тип машины требует своего собственного подхода к снижению шума [17], но предлагаемый метод рассматривает и оптимизирует эффективность таких мер, как шумозащитные экраны, начиная с карт шума комплексных сценариев, связанных с повторной эксплуатацией. Эти карты позволяют пользователю (эксплуатационной железнодорожной компании или ее субподрядчику, ответственному за техническое обслуживание) размещать систему трехмерных акустических кривых на территории вокруг строительной площадки, которые могут использоваться для определения диапазона смещения безопасности, исходя из норм шума, которые нельзя превысить. Таким образом, с помощью этой простой и надежной процедуры можно определить количество и качество уровней шума, превышающих нормы шума, воздействию которых подвергаются чувствительные к шуму объекты, и, следовательно, можно обеспечивать меры по его снижению и/ или определению запроса на ограничение в компетентные местные администрации, исходя из предельных значений шума, которые предназначены как для шума, производимого путем конкретных работ в конкретное рабочее время соответственно, и в отношении прав (с точки зрения здоровья и спокойствия) граждан, живущих вокруг [18]. Пример такой карты приведен на рисунке 3.

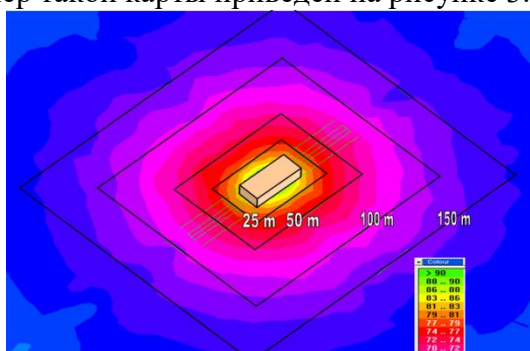


Рис. 3. Карта шума от сноса и восстановления работы железнодорожной стрелки

Представленная карта построена для высоты, равной 5 м, для той же деятельности по сносу и реконструкции железнодорожной стрелки: видно, что диапазон полос, расположенных на разных расстояниях (25, 50, 100 и 150 м) представлен на карте, представляя изменения звукового давления при изменении расстояния.

## Заключение

Строительные площадки можно рассматривать как критические области, относящиеся к шумовому загрязнению, т.к. они действительно могут быть очень близки к городской среде и включать в себя много шумных источников. Обеспечение акустической безопасности проживающего вблизи объектов строительства железных дорог населения в настоящее время является крайне актуальной в связи с интенсивным развитием транспортной инфраструктуры во всем мире. Строительные машины, согласно представленным в статье шумовым характеристикам, полученным, в частности, в России и в Италии, являются источниками высоких уровней звука, требующих проведение эффективных шумозащитных мероприятий, таких как установка шумозащитных экранов, шумозащитного остекления, ограничение времени работы строительных машин, разделение и рассредоточение шумных технологических процессов. Однако единых подходов акустически-безопасного проведения строительства железных дорог нет, в связи с чем, к сожалению, зачастую, реализацией заложенных на стадии «проект» шумозащитных мероприятий пренебрегают, а на прилегающих селитебных территориях наблюдаются превышения, в результате чего в администрации городов поступает все большее количество жалоб. Для решения этих проблем рекомендуется разработка универсальных методов, алгоритмов, действий по смягчению, которые необходимы для обеспечения безопасных условий и соблюдения заданных норм шума. В этой перспективе сотрудничество между специалистами из разных стран, особенно из России и Италии, где некоторые общие материалы для возможных совместных исследований уже разработаны, представляется весьма перспективным.

## Список литературы

1. Протокол измерений №1423 от 07.09.2010 (ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в г. СПб», г. Санкт-Петербург).
2. Протокол измерений уровней шума №01-ш от 14.07.2006 (ООО «Научно-технический центр «Экология», г. Санкт-Петербург).
3. Протокол измерений шума на строительной площадке от работающей техники №9 от 09.04.2009 (ООО «Институт прикладной экологии и гигиены», г. Санкт-Петербург).
4. Протокол измерения шума №57/2005 от 03.05.2005 (ЗАО «Проектно-конструкторско-технологический институт», г. Санкт-Петербург).
5. ГОСТ Р 50951-96 «Внешний шум магистральных и маневровых тепловозов. Нормы и методы измерений».
6. Протокол измерений уровней шума на строительной площадке от работающего оборудования №133/6 от 05.09.2006 (ООО «Эко Тест», г. Санкт-Петербург).
7. Протокол измерений шума №123-2/2006 от 28.04.2006 (ЗАО «Проектно-конструкторский технологический институт», г. Санкт-Петербург).
8. Протокол измерений уровней шума №147-ш от 04.10.2011 (ООО «Институт акустических конструкций», г. Санкт-Петербург).
9. СНиП II-12-77 «Строительные нормы и правила. Защита от шума».
10. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».
11. СП 51.13330-2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003».
12. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
13. M. Dittrich, E. Carletti, G. Spellerberg, Dittrich, M. (TNO), Spellerberg, G. (TÜV Nord), Carletti, E., Pedrielli, F. (IMAMOTER), «ODELIA - Study on the suitability of the current scope and limit values of Directive 2000/14/EC relating to the noise emission in the environment by equipment for use outdoors», Final report. Delft, 2016, <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/18281/attachments/1/translations/en/renditions/native>.
14. A. Pezzati, M. Lincesso, S. Luzzi, B. Chirici, «Le linee guida di RFI - Impatto acustico dei cantieri ferroviari per trazione elettrica e lavori di armamento», *Ingegneria Ferroviaria* n.5/08, May 2008, in Italian.
15. Legge 447 del 26/10/1995 «Framework Law on noise pollution», Ministry of the Environment [http://www.minambiente.it/sites/default/files/legge\\_26\\_10\\_95\\_447.pdf](http://www.minambiente.it/sites/default/files/legge_26_10_95_447.pdf), in Italian.
16. ISO Standard 9613-2 Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation, 1996.
17. N. Ivanov, N. Tyurina, «Construction machines: noise control problem and novel approach to low-noise construction machines», *Proceedings of 34° AIA National Congress*, 2007.
18. S. Luzzi, L. Barbieri, R. Bellomini, «Methods and procedures for noise control in railway construction and maintenance sites», *Proceedings of 35° AIA National Congress*, 2008., in Italian.