

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ РОССИИ»

ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ШУМА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ СООРУЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ ТРЕТЬЕГО ТРАНСПОРТНОГО  
КОЛЬЦА МОСКВЫ В РАЙОНЕ ЛЕФОРТОВСКИХ ТОННЕЛЕЙ МАЛОГО  
ЗАЛОЖЕНИЯ.

Заведующий Виброакустической лабораторией  
Тоннельной ассоциации России

Ответственный исполнитель

Ведущий инженер



С.А.Костарев

А.Г.Семенов

А.Т.Овчаренко

От НПО «Космос»

«Согласовано»

Главный инженер проекта



А.В.Морозов

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПЕРЕЧЕНЬ ИССЛЕДУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЕГО ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ .....	5
2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН И МЕХАНИЗМОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА СТРОЙПЛОЩАДКАХ.....	13
3. СРАВНЕНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТДЕЛЬНЫХ ТИПОВ ОБОРУДОВАНИЯ С ЕГО ВИБРАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМ.....	54
4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ОБЪЕКТАХ.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 «Методическое руководство по определению шумовых характеристик машин и механизмов, используемых при строительстве современных транспортных систем» (Машины для земляных работ).....	71

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема снижения внешних городских шумов весьма актуальна. Гигиеническими исследованиями установлено, что высокие уровни городских шумов мешают нормальному отдыху, трудовой деятельности людей и являются причиной многих заболеваний.

В Российской Федерации решение вопросов защиты окружающей среды от воздействия шума и вибраций является обязательным условием современного градостроительства. При этом задача снижения уровня городских шумов составляет часть общей проблемы оздоровления городской среды.

Среди многочисленных источников шума в современных городах (строительство, транспорт, промышленные предприятия, инженерное оборудование производственных, административных и общественных зданий и др.) особое место занимают строительные площадки инженерных и транспортных объектов города, например, строительные площадки третьего транспортного кольца Москвы. В этой части основную долю составляют расположенные в населенных районах городской застройки строительные площадки сооружаемых открытым способом участков кольца, например, тоннелей малого заложения на Лефортовском участке кольца. Очевидно, что при их строительстве на открытом пространстве, вблизи от районов жилой застройки Москвы работают сотни различных машин и механизмов, являющихся интенсивными источниками шума и вибрации. Высокая степень концентрации этих источников на сравнительно небольшой территории приводит к тому, что в окружающую среду проникает шум, а в ряде случаев, и вибрации высокой интенсивности, вызывая справедливые жалобы населения на беспокоящее действие шума, особенно в ночное время.

Положение усугубляется тем, что в проектах строительства при производстве работ не всегда уделяется должное внимание вопросам снижения шума.

Из всего многообразия машин и механизмов, работающих на строительных площадках транспортных систем города, в качестве источников шума, оказывающих наиболее неблагоприятное воздействие на окружающую среду, следует выделить большегрузные автомашины, автосамосвалы, экскаваторы, стреловые краны, передвижные бетоносмесители, бульдозеры, бетоноломы и другую гусеничную строительную технику, а также компрессоры с отбойными молотками. При сооружении открытым способом тоннелей малого заложения применяются также мощные буровые установки, устройства для забивки и выдергивания шпунтов, оборудование для устройства стен в грунте, анкерного крепления и т.п. Особенностью этих источников является то, что они работают, а зачастую и перемещаются, на открытом пространстве, что сильно затрудняет снижение их шума строительными акустическими методами. В ряде случаев эти источники в процессе эксплуатации создают на

достаточно низких частотах также и ощутимые вибрации (сейсмические колебания), в особенности в непосредственной близости от стройплощадки. Однако связь этих факторов для различных машин и механизмов остается в некоторых случаях не выявленной. Так, не всегда ясно – является ли достаточно шумный механизм также и источником повышенных вибраций. И наоборот – является ли строительный механизм, создающий интенсивные вибрации на окружающей территории, также и источником повышенной шумности. Как известно, при нормировании, частотные диапазоны шума и вибраций разнесены. Так, для вибраций нормируются, главным образом, лишь две низкочастотные октавы с центрами на 32 и 63 Гц, а для шумности – 8 более высокочастотных октав в диапазоне от 63 до 8000 Гц. Пересечение нормируемых диапазонов имеет место только в пределах октавы с центральной частотой 63 Гц [1]. Поэтому естественно задать вопрос об обоснованности подобного разделения.

Таким образом, целью работы являлась оценка уровней шумности современных машин и механизмов (используемых при строительстве открытым способом тоннелей малого заложения в последнее время) в дополнение к уже имеющемуся в литературе и накопленному лабораторией «каталогу» шумности строительных машин [1-3,10-11]. Второй целью являлась одновременная оценка и сравнение, на предмет выявления возможной связи, интегральных уровней и спектральных компонент шума и вибраций, создаваемых наиболее типичными образцами строительных машин (например, автотранспортной техникой) на окружающей территории.

Методика измерений в части шумности целиком соответствовала требованиям нормативных документов [1-6], а в части сравнения реализовывалась путем независимого одновременного контроля уровней шума и вибраций от типичных образцов строительной техники, в данном случае автомобильной, производимого соответствующими датчиками, совмещенными в точке измерения.

В процессе работы решались следующие задачи:

- уточнение методик и определение акустических характеристик источников шума, используемых на современных строительных площадках объектов;
- сравнение акустических и вибрационных (сейсмических) характеристик, наблюдаемых на выходе акустического и сейсмического приемников при прохождении относительно приемной системы отдельных типичных образцов строительной техники (большегрузного автотранспорта);
- разработка предложений по использованию полученных данных.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ИССЛЕДУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЕГО ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ.

Сведения о номенклатуре строительных машин и механизмов, являющихся главными источниками шума на типичной строительной площадке современных инженерных и транспортных систем (например, тоннелей малого заложения), могут быть получены на основании оценки фактических объемов работ, определённых в проекте организации строительства (ПОС). Данные о номенклатуре строительных машин и оборудования для всех трех участков строительства приведены в Таблице 1.1. Несмотря на достаточно обширный объем данных по шумности строительной техники [6-8,10-11], которыми располагает лаборатория, разнообразие отечественных и зарубежных строительных машин и механизмов, применяемых в современном строительстве, требует постоянного расширения и обновления номенклатуры их шумовых и вибрационных параметров, используемых в качестве исходных данных в расчетах, выполняемых при проектировании объектов современных транспортных систем и их эксплуатации.

Шумовые характеристики большинства предполагаемых для использования при строительстве машин и механизмов, в том числе наиболее шумных, в справочной литературе отсутствуют. Например, в [10] приводятся, главным образом, нормативные данные о шумности современных большегрузных автомобилей, тракторной, строительной и подъемно-транспортной техники, в том числе и передвижных компрессорных станций. Как известно, эти нормы диктуются отечественными ГОСТ, а также нормами ЕЭК ООН №51. С 1989 года отечественные нормы полностью совпадают с последними. Отметим, что международные требования к уровню шума строительной техники постоянно ужесточаются. Так, к 1990 году предельно допустимый уровень шума большегрузных автомашин был снижен на 7 дБА, по сравнению с принятым в 1975 году (поправка 01 к правилам ЕЭК ООН №51 с 1988-1989 гг., введенная в действие согласно директиве №424/84). В то же время реально эксплуатируемая строительная техника имеет шумность отличную от нормативной, а зачастую значительно ее превышающую. Это обуславливает необходимость постоянного контроля шумности при проведении строительных работ. Кроме того, следует подчеркнуть, что обычно нормативные акустические параметры такого типа источников характеризуют скорректированными по шкале "А" уровнем звука или уровнем звуковой мощности, т.е. интегральными характеристиками, не позволяющими проводить детальные расчеты ей шума, проникающего в жилую зону, с учетом распространения, дифракции и затухания звука в воздухе. Поэтому необходимо не только разработка и уточнение соответствующей методики, но и проведение натурных измерений шумовых характеристик предлагаемого для использования строительного оборудования и механизмов.

**Ведомость потребности в основных строительных машинах, механизмах,  
оборудовании и транспортных средствах**

(с учетом оборудования для работ по переустройству инженерных коммуникаций)

Таблица 1.1

№№ п.п.	Наименование	Всего	В том числе		
			Тоннель №1 ПКПК 00+44,45- 14+76,65	Набережная, путепровод, мост ПКПК 14+76,65 - 21+56	Тоннель №2 ПКПК 21+56- 34+92,34
1	2	3	4	5	6
1	Экскаватор-прямая и обратная лопата ЭО - 4121, ковш 1,0 м	6	6	1	6
2	Экскаватор - драглайн Э-1001 1 А, ковш 1,0 м <sup>3</sup>	6	6	3	6
3	Экскаватор - драглайн; грейфер ЭО-625Б, ковш 0,65 м <sup>3</sup>	6	6	1	6
4	Бульдозер Д - 100	6	6	3	6
5	Автосамосвалы КрАЗ, г/п 10 т				
6	Кран пневмоколесный КС-5363, грузоподъемностью 25 т	7	7	1	7
7	Кран пневмоколесный КС - 4361, грузоподъемностью 16 т	10	10	2	10
8	Кран пневмоколесный КС - 4361, грузоподъемностью 60 т	1	1	-	1
9	Кран КАТО, г/п 100 - 120 т	1	1	-	1
10	Автобетоносмеситель СБ-159А, емк. 5,0 м <sup>3</sup>	по потребности			
11	Автобетононасос СБ - 1265	6	6	2	6
12	Сварочный трансформатор ИВ - 102А, N = 20 кВт	12	12	4	12
13	Электровибратор глубинный И-21, N = 0,75 кВт	24	24	10	24
14	Электровибратор площадочный ИВ-98А, N = 0,55 кВт	24	24	10	24
15	Отбойные молотки МО - 1- 6ПМ	28	28	20	28

1	2	3	4	5	6
16	Бетонолом передвижной с дизельным приводом	2	2	2	2
17	Фронтальный погрузчик ТО - 18	7	7	1	4
18	Пневмокаток Д - 263, 25 т	12	12	1	2
19	Компрессор передвижной ПВ - 10/8	8	8	2	8
20	Буровой станок ВО - 14, для скважин 0620 мм	4	4	2	4
21	Шпунтовый дергиватель	1	-	1	1
22	Насос открытого водоотлива Н - 1М	12	12	2	12
23	Комплект оборудования для стабилизации грунтов методом струйной цементации	6	6	2	6
24	Комплект оборудования «BAUER» для устройства анкерного крепления	6	6	2	6
25	Передвижная мастерская ПАРМ	5	5	1	5
26	Буровой агрегат УРБ - 3АМ	8	1	-	1
27	Оборудование для «стены в грунте» фирмы «Касагранде»	2	2	-	2
28	Мини-экскаватор ВОВСАТ-Х-331, ковш 0,2 м <sup>3</sup>	1	1	-	1
29	Погрузчик малогабаритный ПМТС-1200, г/п 1,2т	10	10	2	10
30	Кран башенный нулевого цикла КБ - 404М	1	4	-	1
31	Асфальтоукладчик	6	6	6	6
32	Поливомоечная машина	4	4	4	4
33	Горнопроходческие щиты	4			
34	Установки микротоннелирования				

Измерения шумовых характеристик основных, предполагаемых для использования при строительстве машин и механизмов в соответствии с методикой [1] выполнялись ранее на ряде стройплощадок столичного метрополитена. Так, измерения шумовых характеристик экскаватора ЭО-4121 выполнялись на стройплощадке станции метро "Площадь Ильича". Измерения шумов, возникающих при работе компрессора ЗИФ-55В и отбойных молотков, а также сварочного трансформатора и башенного крана были выполнены на стройплощадке московского зоопарка [7]. В дальнейшем в связи с расширением и обновлением каталога оборудования, используемого на стройплощадках, было признано необходимым - провести дополнительный обмер шумовых характеристик оборудования. В июле 2001 года лабораторией, были проведены контрольные обмеры некоторых новых видов и образцов строительной техники, аналогичных или сравнимых с номенклатурой, предполагаемой к применению на строительстве Лефортовского участка третьего транспортного кольца, в том числе:

- Кран гусеничный, стреловой – РДК-250.2 (ТАКРАФ) – 25,0 тонн.
- Экскаватор – Поклайн Э-5124 (применяется для устройства стен в грунте).
- Автосамосвал ТАТРА-815 грузоподъемностью 16,2 тонны.
- Автосамосвал КАМАЗ-55111 грузоподъемностью 13,0 тонны.
- Кран стреловой – ГС-5363-25 тонн.
- Бетономеситель автомобильный MAN 26-293 грузоподъемностью 26,0 т., объемом 6,5 м<sup>3</sup>.
- Кран «Январец» КС-6471, грузоподъемностью 40,0 тонны.
- Экскаватор ЭО-5124 А, с объемом ковша 1,25 м<sup>3</sup>, обратная лопата.
- Экскаватор – драглайн ЭО-5111, с объемом ковша 1,20 м<sup>3</sup>.
- Компрессор ПВ-10.
- Кран гусеничный, электрический МКГС-100, грузоподъемностью 100,0 тонн.
- Экскаватор ЭО-3323, с объемом ковша 0,6 м<sup>3</sup>.
- Бульдозер ДТ-170.
- Отбойный молоток.
- Бульдозер ДТ-130.
- Кран на гусеничном ходу, Хитахи КН-180-3, грузоподъемностью 45,0 тонн.

В дополнение к этому в августе 2002 года были обмерены дополнительно образцы техники на объектах сооружения тоннелей на Лефортовском участке третьего транспортного кольца Москвы, в том числе:

- Автокран «КАТО» - 500Е – 3 грузоподъемностью – 50,0 тонн;
- Фронтальный погрузчик ТО - 18;
- Кран пневмоколесный «ИВАНОВЕЦ» КС - 35715 грузоподъемностью – 16,0 тонн;



- Кран пневмоколесный грузоподъемностью – 10,0 тонн;
- Бетонолом на базе автосамосвала «ТАТРА» DN214;
- Бензозаправщик;
- Бетононасос «SOILMEC» – 7Т - 450;
- Поливомоечная машина;
- Экскаватор JCB, с объемом ковша 0,25 м<sup>3</sup>, грузоподъемностью 10,0 тонн;
- Компрессор ПБ-10/8 М1;
- Экскаватор «VOLVO», с объемом ковша 2,50 м<sup>3</sup>;
- Автомиксер 55111 с объемом 4 м<sup>3</sup>;
- Буровой станок «PUNTEL» для скважин Ø620 мм;
- Комплект оборудования «BAUER» в режиме бурения;
- Комплект оборудования «BAUER» в режиме забуривания труб;
- Комплект оборудования «BAUER» в режиме установки труб;
- Комплект оборудования «BAUER» в режиме выемки труб;
- Комплект оборудования «BAUER» в режиме стряхивания породы;
- Шпунтовый дергиватель (навесное оборудование к крану);
- Буровой станок BG-25, для скважин Ø620 мм.

Как будет видно из дальнейшего, результаты этих измерений, в основном, подтверждают типичный характер номенклатуры и шумности оборудования, использованного ранее в оценках [8,10,11]. Эти данные (в совокупности) и будут использованы для оценки шумности аналогичного строительного оборудования и машин, предусмотренных ПОС на сооружение открытым способом тоннелей малого заложения. Ряд машин и механизмов, указанных в ПОС, в период измерений фактически отсутствовали на стройплощадках тоннелей и не подвергались обмеру по одному из следующих оснований:

- у лаборатории имеются надежные собственные экспериментальные данные по шумности подобных машин [8,11], так, что ранее полученные экспериментальные данные и были использованы как исходные в расчетах;
- имеются надежные нормативные данные в литературе по шумности подобных машин [8,10] и практический опыт по оценке величины возможных отклонений значений шумности отдельных образцов строительной техники от нормативных [11], так, что нормативные данные и были использованы как исходные в расчетах;
- имеются надежные данные о малой шумности, отсутствующего на площадке оборудования, по сравнению с шумностью других машин и механизмов, используемых на объекте. При этом, разница в шумности во всех подобных случаях была не меньше 6-8 дБА, в пользу исключенного из измерений объекта,

что исключало сколько-нибудь значительный вклад шума данного механизма или машины в общую оценку шумности стройплощадки на селитебной территории.

Существо используемой методики измерений и оценок видно, например, из «Методического руководства по практическому определению шумовых характеристик машин и механизмов, используемых при строительстве современных транспортных систем», разработанного лабораторией для оценки шума машин для земляных работ, помещенного в Приложении 1 к отчету. В то же время необходимо было уточнить некоторые особенности использования методики при испытании образцов техники в рабочем режиме на ограниченном пространстве стройплощадки.

Хотя в «Методическом руководстве...», помещенном в Приложении 1, содержатся исчерпывающие ссылки на действующие нормативные документы, заметим, что в настоящее время действующих стандартов на выполнение измерений шумовых характеристик для всех существующих типов строительных машин не существует. Наиболее близким является отраслевой стандарт ССБТ ОСТ 24.040.018-79 [4]. Упомянутый стандарт распространяется на путевые машины всех видов, работающие в пути, применяемые для строительства, ремонта и текущего содержания железнодорожного пути. Кроме того, имеется международный стандарт ИСО 6395 [5], который устанавливает специальные правила испытаний для конкретных типов землеройных машин. Он дополняет стандарт ИСО 4872 [6], содержащий общие требования для строительных машин и оборудования.

Недостатком стандартов ИСО является то, что они предполагают проведение измерений в режиме имитированного (условного) рабочего цикла, а не реального рабочего. Это позволяет получить приемлемые данные об излучаемом шуме, которые являются воспроизводимыми (повторяемыми) и позволяют оценить только соответствие машин предельно допустимым значениям уровня шума или эффективность мероприятий по снижению шумности машин. Существенным недостатком является то, что для измерений требуется специальная площадка, расположенная на открытой местности, вдали от каких-либо отражающих звук препятствий (зданий), с определенным типом поверхности. При этом измерительные точки располагаются на полусферической поверхности, радиус которой может достигать 16 метров для землеройной техники, а в случае исследования строительных кранов этот радиус был бы еще больше. Установить микрофон на таких высотах весьма затруднительно технически, не говоря уже об организационных сложностях.

Более реальны требования отраслевого стандарта 24.040.018-79 [4], предполагающие использование двух измерительных точек по бокам железнодорожного пути, четырех точек для стационарных машин (например, стреловых кранов), и трех точек для полноповоротных экскаваторов. Все измерения проводят в рабочем режиме. Общим недостатком упомянутых выше стандартов является то, что измеряются уровни звука в дБА и полученные данные не возможно использовать для расчетов в октавных полосах частот.

В то же время, очевидно, что ряд проблем сопровождают также и измерения в режиме рабочего цикла. Эти проблемы можно разделить на организационные и принципиальные - физические.

Что касается организационных проблем, то, прежде всего, подобные измерения должны проводиться в условиях стройплощадки где, как известно, обычно присутствуют громоздкие препятствия, а также и другие работающие механизмы, расположенные в непосредственной близости от исследуемого объекта. Эти обстоятельства затрудняют проведение измерений и могут приводить к известным искажениям и погрешностям оценки шумового поля объектов.

Кроме этого, предусмотренное в методике [1], требование выбора точек измерения на достаточном удалении от объекта (см. например, раздел 7.1 Приложения 1) вызывает известные затруднения, связанные с ограниченностью территории стройплощадки. Величина удаления  $r$  связывается в методике лишь с размером (базисной длиной машины)  $L$  объекта. В то же время, согласно существующим физическим представлениям [9], величина удаления существенно зависит от частоты. Очевидно, что для использования измерений в качестве исходных данных при прогнозировании шумов вдали от стройплощадки (в зоне Фраунгофера) эти измерения должны проводиться вне зоны Френеля источника. Протяженность же зоны Френеля зависит от частоты. Так, в простейшем случае излучателя типа «поршневой диафрагмы», что вполне достаточно для моделирования в первом приближении большинства источников, реализуемых в перечисленных выше образцах оборудования, максимальная длина зоны Френеля (расстояние от центра диафрагмы до самого удаленного максимума поля давления, наблюдаемого в ближнем поле  $r_{\max}$ ) составляет:

$$r_{\max} = \frac{l_0^2}{\lambda} - \frac{\lambda}{4}, \quad (1)$$

где  $l_0$  - радиус диафрагмы, а  $\lambda$  - длина волны излучаемого звука. Заметим, что  $l_0$  всегда меньше или равно размеру тела  $L$ . В том случае когда  $l_0 \gg \lambda$ , то есть на достаточно высоких частотах

$$r_{\max} \approx \frac{l_0^2}{\lambda}, \quad (2)$$

и, например, на частоте 8 кГц при размере диафрагмы 1 метр граница ближнего поля находится на расстоянии порядка 25 метров от излучателя. Измерение на расстоянии меньшем  $r_{\max}$  приведет, очевидно, к недооценке уровня звука в дальнем поле, если не сделать соответствующую поправку, а именно если удастся заранее оценить характерный радиус диафрагмы, то сферическое спадание поля можно ожидать, только начиная с удаления  $r_{\max}$  от излучателя, а не от точки измерения, как часто полагают, если конечно она расположена на расстоянии  $r < r_{\max}$ . Другой предельный случай имеет место на

достаточно низких частотах, то есть тогда, когда  $l_0 \ll \lambda$ . В этом случае  $r_{\max} \approx \lambda/4$ , так, что на частоте 30 Гц (нижняя граница нормируемого диапазона спектра) граница ближнего поля находится на расстоянии порядка 3,0 метров. При  $l_0 \sim \lambda$ , что характерно для большей части нормируемого спектра шума  $r_{\max} \approx 3\lambda/4$ , так, что на частоте 100 Гц граница ближнего поля находится на расстоянии меньшем 3,0 метров. С учетом структуры спектра шумности оборудования характерной для большинства оцениваемых его типов, а также с учетом реальных возможностей стройплощадок, это расстояние до точки измерения (порядка 3 метров), как правило, и выбиралось в экспериментах (см. Таблицу 1.2).

Поскольку, как мы увидим ниже, шумность строительных машин определяется, в значительной части случаев низкочастотными октавами спектра, то ошибки в оценке параметров поля связанные с выбором точки измерения в пределах зоны Френеля оказываются небольшими. Кроме этого, при необходимости эти ошибки могут быть оценены и учтены. Однако, следует сделать практически важный вывод о том, что ограничения в выборе минимального удаления точки измерения от объекта связаны не с низкочастотными компонентами шума, как можно было бы подумать, а с высокочастотными компонентами. И, следовательно, выбор точки измерения на малом расстоянии, например, 3 метра, как в экспериментах, может привести к заметным ошибкам только для оборудования с достаточно высокочастотным спектром шума. В наших измерениях это замечание относится, главным образом, к случаю отбойного молотка (см. Таблицу 1.2).

Высказанные выше расчетные оценки и аргументы, дополняют и расширяют требования нормативных документов, использованные при практических оценках шумности строительных машин и механизмов (см. например, раздел 7 Приложения 1), применительно к реальным условиям стройплощадок третьего транспортного кольца.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН И МЕХАНИЗМОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ НА СТРОЙПЛОЩАДКАХ.

Как уже упоминалось выше, в настоящее время действующих стандартов на выполнение измерений шумовых характеристик для всех существующих типов строительных машин не существует. Наиболее близким является отраслевой стандарт ССБТ ОСТ 24.040.018-79 [4]. Упомянутый стандарт распространяется на путевые машины всех видов, работающие в пути, применяемые для строительства, ремонта и текущего содержания железнодорожного пути. Кроме того, имеется международный стандарт ИСО 6395 [5], который устанавливает специальные правила испытаний для конкретных типов землеройных машин. Он дополняет стандарт ИСО 4872 [6], содержащий общие требования для строительных машин и оборудования. Наиболее реальны с практической точки зрения требования отраслевого стандарта 24.040.018-79 [4], предполагающие использование всего лишь двух измерительных точек по бокам железнодорожного пути, четырех точек для стационарных машин (например, стреловых кранов), и трех точек для полноповоротных экскаваторов. При этом допускается, чтобы все измерения проводились в рабочем режиме.

Упомянутые нормативные материалы и соображения лежат в основе «Комплекса нормативных документов по оценке шума и вибрации от метрополитена» [1], утвержденного руководством метрополитена, а также помещенного в Приложение 1 к отчету «Методического руководства по определению шумовых характеристик машин и механизмов, используемых при строительстве современных транспортных систем» (машины для земляных работ), использованных при проведении работ. В частности, указанные документы нормируют: область применения «Методического руководства...», нормативные ссылки, определения, перечень определяемых величин, средства измерения шумов, регистрации и обработки сигналов, необходимые условия измерений, подготовку к измерениям, проведение измерений, статистическую обработку результатов, порядок оценки статистического значения замеренной шумовой характеристики объекта, перечень сведений, регистрируемых в протоколе испытания и итоговый объем сведений, включаемых в нормативную и техническую документацию. В данном разделе приводятся итоговые данные и сведения, полученные в строгом соответствии с «Комплексом нормативных документов...» [1] и «Методическим руководством...» (Приложение 1).

Исходя из сказанного, при проведении работ использовалась следующая методика измерений шумовых характеристик строительного оборудования.

Измерения проводились в режиме реального рабочего цикла для каждой характерной операции с помощью следующей аппаратуры: шумомер 2230; фильтр 1624; магнитофон типа

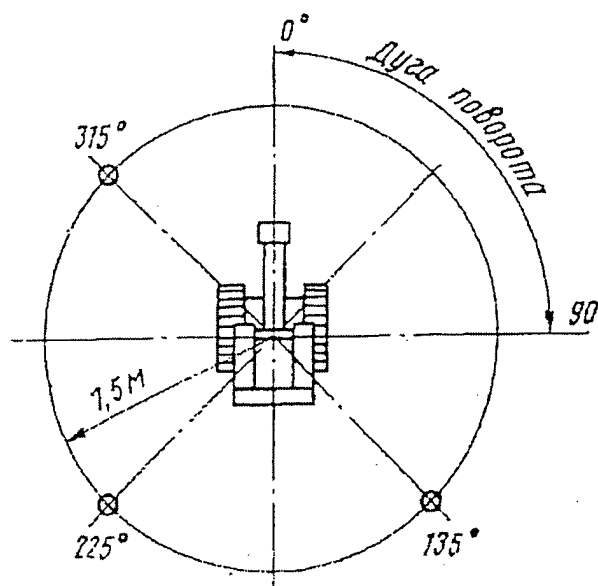


Рис. 2. Схема проведения измерений внешнего шума экскаваторов

Результаты проведенных ранее (в 2001 году) лабораторией измерений шестнадцати образцов современной строительной техники представлены на Рис. 3.1 – 3.16 в том числе:

- Рис. 3.1, Кран на гусеничном ходу, стреловой – РДК-250.2 (ТАКРАФ) – 25,0 тонн;
- Рис. 3.2, Автосамосвал ТАТРА-815 грузоподъемностью 16,2 тонны;
- Рис. 3.3, Экскаватор – Поколайн Э-5124 (применяется для устройства стен в грунте);
- Рис. 3.4, Автосамосвал КАМАЗ-55111 грузоподъемностью 13,0 тонны;
- Рис. 3.5, Кран стреловой – ГС-5363-25,0 тонн;
- Рис. 3.6, Бетономеситель автомобильный MAN 26-293 - 26,0 тонн, объемом 6,5 м<sup>3</sup>;
- Рис. 3.7, Кран «Январец» КС-6471, грузоподъемностью 40,0 тонны;
- Рис. 3.8, Экскаватор ЭО-5124 А, с объемом ковша 1,25 м<sup>3</sup>, обратная лопата;
- Рис. 3.9, Компрессор ПВ-10;
- Рис. 3.10, Экскаватор – драголайн ЭО-5111, с объемом ковша 1,20 м<sup>3</sup>;
- Рис. 3.11, Кран гусеничный, электрический МКГС-100, грузоподъемностью 100,0 тонн;
- Рис. 3.12, Бульдозер ДТ-170;
- Рис. 3.13, Экскаватор ЭО-3323, с объемом ковша 0,6 м<sup>3</sup>;
- Рис. 3.14, Отбойный молоток;
- Рис. 3.15, Бульдозер ДТ-130;
- Рис. 3.16, Кран на гусеничном ходу, Хитачи КН-180-3, грузоподъемностью 45,0 тонн.

Каждый из рисунков содержит дату измерения, октавный спектр сигнала в диапазоне частот 20 Гц – 20 кГц и зависимость от времени эквивалентного интегрального уровня сигнала, а также сведения об усреднении и фильтрации сигналов и таблица усредненных данных в октавных полосах. Укрупненно в правой части рисунка приводится величина

7Ш15 и анализатор 2034 фирмы "Брюль и Кьер", или только анализатор 2900 фирмы "Ларсон-Дэвис". Использование этой аппаратуры позволяет оперативно измерять октавные уровни шума машин и помех и обрабатывать их в лабораторных условиях, получая не только необходимые осредненные или максимальные интегральные, но и эквивалентные уровни звукового давления в октавных полосах частот. По точности и метрологическим характеристикам данные приборы отвечают требованиям соответствующих ГОСТов, например, ГОСТ 17187-81 (шумомеры), ГОСТ 17168-82 (фильтры), ГОСТ 12.1.050-86 (метрологические характеристики).

Испытания проводились на одной из строительных площадок транспортного кольца. При этом измерительные микрофоны шумомера устанавливались на высоте 1,2 м в измерительных точках, число которых составляло:

- для передвигающихся в рабочем режиме машин (например, бульдозер) - 2 (см. Рис. 1);
- для стационарных машин (например, кран) - 4;
- для полноповоротных экскаваторов - 3 (см. схему на рис. 2).

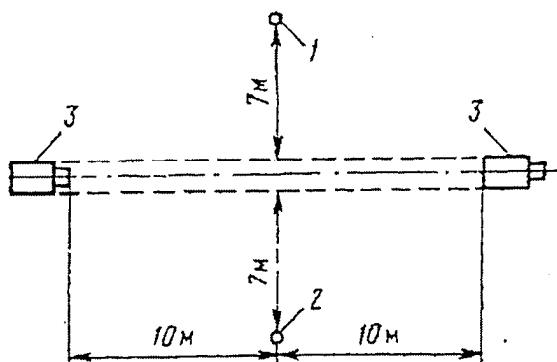


Рис. 1. Схема проведения измерений внешнего шума строительных дорожных машин:

- 1, 2 - точки расположения измерительных микрофонов;
- 3 - измеряемая машина.

Период измерений для каждого считывания показаний в каждой точке измерения для каждой характерной операции составлял от 15 до 30 с, или всю продолжительность рабочей операции, если ее длительность менее 15 с. В целом, при испытаниях выполнялось не менее трех серий измерений для каждой из измерительных точек. Обработка результатов измерений и расчет усредненных уровней звукового давления и уровней звуковой мощности выполнялись в соответствии с требованиями ИСО 6395 [5].

### 3. СРАВНЕНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ОБОРУДОВАНИЯ С ИХ ВИБРАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМ.

Данный раздел отчета посвящен экспериментальному сравнению спектральных параметров вибрационного и шумового поля некоторых типов строительной техники, главным образом, автомобильной. Цель раздела состоит в обосновании различных спектральных диапазонов нормирования вибрационных и шумовых полей объектов, принятого в «Руководстве...» [1].

В начале несколько замечаний о природе строительной машины, как источника шумового и вибрационного полей. Эти поля связаны, главным образом, с вибрациями ограждающих конструкций и машины, как целого. Для достаточно низких частот ( $kl_0 < 1$ ) внешнее вибрационное волновое поле в воздушной среде и грунте может быть представлено, как комбинация мультипольных компонент. Поскольку большинство рассматриваемых машин не создают переменной объемной скорости в окружающей среде (за исключением шума выхлопа), то главными членами будут разложения будут дипольные и значительно более слабые квадрупольные компоненты. Вдали от источника (в зоне Фраунгофера) сопротивление излучения дипольных компонент поля давлений, как известно [9], пропорционально  $\rho c L^3 \frac{(kl_0)^4}{4 + (kl_0)^4}$ , поэтому даже при одинаковой исходной интенсивности и частоте колебаний в источнике их соотношение на низких частотах в дальнем поле в воздушной среде и грунте - пропорционально отношению плотностей сред умноженному на куб обратного отношения скоростей распространения звука - в пользу грунта. Поэтому на низких частотах волновое поле давлений в грунте в принципе гораздо сильнее шумового в воздухе. При повышении же частоты соотношение изменяется за счет второго сомножителя, который в воздушной среде гораздо быстрее стремится к единице. При этом, из-за существенного различия скоростей распространения звука, в грунте он все еще остается малым. Так, при  $l_0$  порядка 1 метра, на частоте 100 Гц соотношение указанных сомножителей составляет порядка 30 дБ в пользу воздушной среды. Важным также является лучшие условия согласования импеданса излучателя с импедансом грунта на низких частотах. Таким образом, вибрационное поле строительной машины оказывается в принципе существенно более низкочастотным чем шумовое. Кроме этого следует заметить, что обычно указанные статистические поля создаются различными группами источников вибраций поверхности объекта и, таким образом, оказываются, по существу, независимыми (не коррелированными) друг от друга.

Измерения вибрационного и шумового поля производились в осенних условиях на загородном полигоне в дальнем поле на траверсном расстоянии 50 метров от объектов, движущихся со скоростью 30 км/час. В испытаниях участвовали три образца грузовых



автомобильной техники: автомобиль Урал 375 с прицепом, автомобиль УАЗ 469 с прицепом и автомобиль Камаз 4310 с прицепом. Показания датчиков, установленных в одной и той же измерительной точке фиксировались на магнитофон. Акустический датчик устанавливался в измерительной точке на специальной державке на высоте 0,3 метра над поверхностью грунта, а вибрационный датчик был заглублен на 0,3 метра в грунт. До и после измерений производилась калибровка приемников шума и вибраций, а также измерение фона в отсутствие объекта. Во всех испытаниях интегральные значения шума зарегистрированных объектов не менее чем на 20 дБ превышали соответствующие фоновые значения. При этом, регистрации подвергался уровень шума объекта (дБ) и колебательная скорость объекта (см/сек) в октавных полосах. Результаты измерений представлены на Рис. 5.1 - 5.4, в том числе:

- Рис. 5.1 - автомобиль Урал 375 с прицепом (а – шумовой сигнал, б – сейсмический сигнал);
- Рис. 5.2 - автомобиль УАЗ 469 с прицепом (а – шумовой сигнал, б – сейсмический сигнал);
- Рис. 5.3 - автомобиль Камаз 4310 с прицепом (а – шумовой сигнал, б – сейсмический сигнал);
- Рис. 5.4 – запись фоновых сигналов в отсутствие объектов (а – шумовой сигнал, б – сейсмический сигнал).

Анализ результатов измерений подтверждает сделанные ранее выводы о существенном различии частотных диапазонов шумового (акустического) сигнала в воздухе и вибрационного (сейсмического) сигнала в грунте. Для обследованных образцов большегрузных автомобилей эти диапазоны различаются на порядок. Основная энергия вибраций обследованных образцов строительных машин лежит на частотах существенно ниже 32 Гц, то есть за пределами диапазона нормируемого существующими документами [1]. При этом, замеренные величины не превышают по интегральным значениям вибрационной колебательной скорости значений  $3 \cdot 10^{-6}$  м/сек (КАМАЗ 4310). По шуму полученные значения близки к замеренным для других образцов автомобильной техники в условиях стройплощадки (см. Рис 3.2, 3.4). Аналогичные закономерности наблюдаются и для других образцов строительной техники, используемой при сооружении объектов третьего транспортного кольца, например, гусеничной техники, пневмоколесных кранов и катков, экскаваторов и т.п.

#### 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА СТРОЙПЛОЩАДКАХ.

Результаты измерений шумности образцов строительной техники, относящихся к измерениям 2001 и 2002 годов соответственно и перечисленных в разделе 2, приведены в Таблицах 4.1 и 4.2., Все уровни пересчитаны к стандартной точке, расположенной на удалении 7,5 метров.

Для сравнения в Таблице 4.3 приведены аналогичные данные по ранее замеренным образцам [8,11]. Эти данные были использованы ранее для оценки уровней шумности на селитебной территории вблизи одной из стройплощадок метрополитена.

Сопоставление данных Таблиц 4.1, 4.2 и 4.3 показывает, что, несмотря на расширенную номенклатуру образцов техники, данные по шумности новых образцов строительной техники близки к ранее замеренным значениям. А сопоставление с нормативными данными по отдельным образцам строительной техники, приведенным в [10], показывает также их близость и к нормативным значениям шумности. Таким образом, использование приведенных в отчете данных по шумности на стройплощадках современных транспортных систем, подобных тоннелям малого заложения, сооружаемым на Лефортовском участке третьего транспортного кольца Москвы, не требует дополнительных (новых) оценок шумности на территориях вблизи ранее запланированных стройплощадок.

Данные измерения уровней звукового давления строительных машин и механизмов, применяемых при сооружении современных транспортных систем.

Таблица 4.1

Наименование	Уровни L (дБ) для среднегеометрических частот (Гц) октавных полос шума								L <sub>A</sub> , эквив вал	L <sub>A</sub> макс
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	дБА	дБА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1) Кран гусеничный, стреловой РДК-250.2 (ТАКРАФ) – 25 тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	97.7	83.4	88.9	85.4	82.6	81.2	78.5	74.0	98.4	99.2
УЗД в 7,5 метрах	90.3	76.0	81.5	78.0	75.2	73.8	71.1	63.6	91.0	91.8
2) Автосамосвал ТАТРА-815 грузоподъемностью 16,2 тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	87.5	82.2	79.1	79.8	76.7	72.4	67.4	61.3	91.3	91.3
УЗД в 7,5 метрах	80.1	74.8	71.7	72.4	69.3	65.0	60.0	53.9	83.9	83.9
3) Экскаватор - Поклайн Э-5124 (для устройства стены в грунте), на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	95.8	97.8	93.8	97.7	92.7	85.5	78.2	72.0	103	103
УЗД в 7,5 метрах	88.4	90.4	86.4	90.3	84.3	78.1	70.8	64.6	95.6	95.6
4) Автосамосвал КАМАЗ-5511 грузоподъемностью 13 тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	82.9	90.9	84.1	91.7	82.1	81.0	75.9	69.6	96.9	97.0
УЗД в 7,5 метрах	75.5	83.5	76.7	84.3	74.7	73.6	68.5	62.2	89.5	89.6
5) Кран стреловой ГС-5363 – 25 тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	87.9	86.8	72.1	75.8	77.0	72.2	65.3	57.9	93.2	93.8
УЗД в 7,5 метрах	80.5	79.4	64.7	68.6	69.6	64.7	57.9	50.5	85.8	86.4
6) Бетоносмеситель MAN 26-293 - 26 тн, объем 6,5 м <sup>3</sup> , на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	83.4	73.1	73.0	75.3	73.1	69.7	65.8	62.3	86.6	87.1
УЗД в 7,5 метрах	76.0	65.7	65.6	67.9	65.7	62.3	58.4	54.9	79.2	79.7
7) Кран «Январец» КС-6471 – 40 тн, на r = 5 метров										
УЗД в точках измерений	81.7	78.6	78.1	83.3	79.9	73.6	74.1	58.5	88.3	88.5
УЗД в 7,5 метрах	78.8	75.7	75.2	80.4	77.0	70.7	71.2	55.6	85.4	85.6
8) Экскаватор ЭО-5124 А, объем ковша 1,25 м <sup>3</sup> , на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	89.1	86.1	79.8	79.0	78.1	71.1	65.7	60.3	92.1	92.1
УЗД в 7,5 метрах	81.7	78.7	72.5	71.6	70.7	63.7	58.3	52.9	84.7	84.7
9) Компрессор ПВ-10, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	100	89.5	87.8	89.3	88.0	84.8	77.3	69.4	101	102
УЗД в 7,5 метрах	92.8	82.1	80.4	81.9	80.6	77.4	70.9	62.0	93.8	94.4
10) Экскаватор-драглайн ЭО-5111, объем ковша 1,2 м <sup>3</sup> , на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	94.3	84.0	82.8	85.4	82.6	80.8	79.4	86.0	99.0	99.1
УЗД в 7,5 метрах	86.9	76.6	75.4	78.0	75.2	73.4	72.0	78.6	91.6	91.5
11) Кран гусеничный, электрический МКГС-100 – 100 тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	79.3	81.3	76.3	68.6	66.7	61.5	55.1	50.7	85.1	85.1
УЗД в 7,5 метрах	71.9	73.9	68.9	61.2	58.3	54.1	47.7	43.3	77.7	77.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12) Бульдозер ДТ-170, на г = 3 метра										
УЗД в точках измерений	88.8	75.6	78.5	80.1	77.0	73.8	67.2	63.9	92.1	92.2
УЗД в 7,5 метрах	81.4	68.2	71.1	73.7	69.6	66.4	59.8	56.5	84.7	84.7
13) Экскаватор ЭО-3323, объем ковша 0,6 м <sup>3</sup> , на г = 3 метра										
УЗД в точках измерений	82.5	85.4	84.4	80.9	80.5	78.1	73.1	67.1	94.4	95.1
УЗД в 7,5 метрах	75.1	78.0	77.0	73.5	73.1	70.7	65.7	59.7	87.0	87.7
14) Отбойный молоток, на г = 3 метра										
УЗД в точках измерений	86.8	92.4	93.0	82.4	79.9	77.2	79.0	86.5	98.1	98.4
УЗД в 7,5 метрах	81.4	85.0	85.6	75.0	72.5	69.8	71.6	79.1	90.7	91.0
15) Бульдозер ДТ-130, на г = 3 метра										
УЗД в точках измерений	87.3	82.6	76.3	76.5	75.2	69.7	75.8	63.1	95.4	95.4
УЗД в 7,5 метрах	79.9	75.2	69.9	69.1	67.8	62.3	68.4	55.7	88.0	88.0
16) Кран на гусеничном ходу, Хитачи КН-180-3, грузопод. - 40 тн, на г = 3 метра										
УЗД в точках измерений	78.0	73.4	70.6	78.7	80.5	77.4	73.8	62.1	87.3	87.3
УЗД в 7,5 метрах	70.6	66.0	63.2	71.3	73.1	70.0	66.4	54.7	79.9	79.9

Таблица 4.2

Наименование	Уровни L (дБ) для среднегеометрических частот (Гц) октавных полос шума								L <sub>экв</sub> вал	L <sub>макс</sub>
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	дБА	дБА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1) Автокран «КАТО» 500Е – 3 грузоподъемностью - 50 тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	79.6	72.3	70.3	69.8	72.3	66.9	61.1	56.7	75.8	75.8
УЗД в 7,5 метрах	72.2	64.9	62.9	62.4	64.9	59.5	53.7	49.3	68.4	68.4
2) Фронтальный погрузчик ТО - 18, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	81.1	74.3	68.7	66.1	67.2	62.1	56.8	48.6	70.6	70.6
УЗД в 7,5 метрах	73.7	66.9	61.3	58.7	59.8	54.7	49.4	41.2	63.2	63.2
3) Кран пневмоколесный «ИВАНОВЕЦ» КС – 35715 г/п 16 тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	81.5	77.5	74.5	74.8	74.4	70.1	63.5	55.0	77.8	77.8
УЗД в 7,5 метрах	74.1	70.1	67.1	67.4	67.0	62.7	56.1	47.6	72.4	72.4
4) Кран пневмоколесный грузоподъемностью 10тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	84.8	84.3	74.7	72.1	73.1	71.8	64.9	65.7	77.9	77.9
УЗД в 7,5 метрах	77.4	76.9	67.3	64.7	65.7	64.4	57.5	58.3	70.5	70.5
5) Бетонолом на базе автосамосвала «TATRA» DN214, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	95.3	79.9	78.7	75.3	71.8	73.4	69.4	61.4	80.3	80.3
УЗД в 7,5 метрах	87.9	72.5	71.3	67.9	64.4	66.0	62.0	54.0	72.9	72.9
6) Бензозаправщик, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	88.3	78.2	76.0	73.9	72.9	70.3	63.2	56.2	80.1	80.1
УЗД в 7,5 метрах	80.9	70.8	68.6	66.5	65.5	62.9	55.8	48.8	72.7	72.7
7) Бетононасос «SOILMEC» - 7T – 450, на r = 5 метров										
УЗД в точках измерений	82.1	79.5	70.7	69.4	65.4	60.3	57.7	53.3	71.2	71.2
УЗД в 7,5 метрах	74.7	72.1	63.4	62.0	58.0	52.9	50.3	45.9	63.8	63.8
8) Поливомоечная машина, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	82.3	75.8	72.5	71.9	72.5	71.4	68.2	72.1	78.3	80.7
УЗД в 7,5 метрах	74.9	68.4	65.1	64.5	65.1	64.0	60.8	64.7	70.9	73.3
9) Компрессор ПВ-10/8 М1, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	85.5	79.1	78.0	80.9	90.0	79.3	72.4	71.0	90.8	90.8
УЗД в 7,5 метрах	78.1	71.7	70.6	73.5	82.6	71.9	65.0	63.6	83.4	83.4
10) Экскаватор JCB, объем ковша 0,25 м³, г/п – 10 тн, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	78.2	73.4	68.1	65.8	63.3	59.3	55.5	46.5	68.5	71.8
УЗД в 7,5 метрах	70.8	66.0	60.7	58.4	55.9	51.9	48.1	39.1	61.1	64.4
11) Экскаватор «VOLVO», объем ковша 2,50 м³, на r = 3 метра										
УЗД в точках измерений	90.0	87.3	86.6	88.9	91.3	86.5	85.4	82.6	94.6	99.7
УЗД в 7,5 метрах	82.6	79.9	79.2	81.5	83.9	79.1	78.0	75.2	87.2	92.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12) Автомиксер 55111 с объемом 4,0 м <sup>3</sup> , на г = 3 метра										
УЗД в точках измерений	87.2	77.3	74.5	76.2	76.3	71.8	66.3	60.8	79.7	82.2
УЗД в 7,5 метрах	79.8	69.9	67.1	68.8	68.9	64.4	58.9	53.4	72.3	74.8
13) Буровой станок «PUNTEL» для скважин Ø620 мм, на г = 3 метра										
УЗД в точках измерений	89.6	80.1	73.8	68.2	67.4	69.1	61.4	59.1	75.2	75.2
УЗД в 7,5 метрах	82.2	72.7	66.4	60.8	60.0	61.7	54.0	51.7	67.8	67.8
14) Оборудование «BAUER», в режиме бурения, на г = 5 метров										
УЗД в точках измерений	86.5	84.0	92.8	92.8	87.5	82.9	77.2	65.9	87.7	92.9
УЗД в 7,5 метрах	82.9	80.4	89.2	89.2	83.9	79.3	73.7	62.3	84.1	89.3
15) Оборудование «BAUER», в режиме забуривания труб, на г = 5 метров										
УЗД в точках измерений	86.7	85.1	93.4	92.4	87.3	82.0	75.1	63.7	86.0	92.4
УЗД в 7,5 метрах	83.1	81.5	89.8	88.8	83.7	78.4	71.5	60.1	82.4	88.8
16) Оборудование «BAUER», в режиме установки труб, на г = 5 метров										
УЗД в точках измерений	86.3	79.6	80.5	77.5	71.7	66.3	60.2	53.2	79.9	80.6
УЗД в 7,5 метрах	82.7	76.2	76.9	73.9	68.1	62.7	56.4	49.2	76.3	77.0
17) Оборудование «BAUER», в режиме выемки труб, на г = 5 метров										
УЗД в точках измерений	87.4	85.0	91.2	91.4	88.1	82.1	75.6	63.9	84.3	92.1
УЗД в 7,5 метрах	83.8	81.4	87.6	87.8	84.5	78.8	72.0	60.3	80.6	88.5
18) Оборудование «BAUER», в режиме стряхивания породы, на г = 10 метров										
УЗД в точках измерений	86.6	85.7	94.0	96.2	92.8	88.4	81.0	68.9	88.7	96.8
УЗД в 7,5 метрах	89.4	88.3	96.6	98.8	95.4	91.0	83.6	71.5	91.3	99.4
19) Шпунтовывергиватель (навесное оборудование к крану), на г = 10 метров										
УЗД в точках измерений	73.9	72.9	68.1	65.2	65.5	62.9	56.4	50.3	67.3	69.7
УЗД в 7,5 метрах	80.4	75.4	70.6	67.7	68.0	65.4	58.9	52.8	69.8	72.2
20) Буровой станок BG-25, для скважин Ø620 мм, на г = 10 метров										
УЗД в точках измерений	88.3	92.2	81.7	80.6	83.7	84.9	85.7	81.4	87.9	91.2
УЗД в 7,5 метрах	90.8	94.7	84.2	83.1	86.2	87.4	88.2	83.9	90.4	93.7

Таблица 4.3

Наименование	Уровни L (дБ) для среднегеометрических частот (Гц) октавных полос шума								L <sub>а</sub> эквив вал	L <sub>а</sub> макс
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	дБА	дБА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1) Бульдозер ДЭТ-250, расстояние до точки измерения 3 метра										
УЗД в точках измерений									87	100
УЗД в 7,5 метрах									81.5	94.5
✓ 2) Экскаватор ЭО-4121, расстояние до точки измерения 5 метров										
УЗД в точках измерений	69	72	80	80	77	78	76	71	84.1	88
УЗД в 7,5 метрах	66.8	69.8	77.8	77.8	74.8	75.8	73.8	68.8	81.9	85.8
3) КАМАЗ-5511 (самосвал), расстояние до точки измерения 5 метров										
УЗД в точках измерений									84	98
УЗД в 7,5 метрах									81.8	95.8
4) Автомобиль ТАТРА 815, расстояние до точки измерения 3 метра										
УЗД в точках измерений									87	101
УЗД в 7,5 метрах									81.5	95.5
5) Экскаватор Э-10011Д, расстояние до точки измерения 5 метров										
УЗД в точках измерений	86	81	77	79	80	71	69	51	82.4	99
УЗД в 7,5 метрах	82.4	77.4	73.4	75.4	76.4	67.4	65.4	47.4	78.8	95.4
6) То же при забивке шпунтов, расстояние до точки измерения 10 метров										
УЗД в точках измерений									92	104
УЗД в 7,5 метрах									94.3	106
7) Трубоукладчик Т-130, расстояние до точки измерения 5 метров										
УЗД в точках измерений									83	98
УЗД в 7,5 метрах									80.8	95.8
8) Компрессор ЗИФ-55В, расстояние до точки измерения 4.5 метров										
УЗД в ИТ с открыт. кожухом	89	85	80	80	85	86	84	82	91.3	
УЗД в 7,5 метрах	86.1	82.1	77.1	77.1	82.1	83.1	81.1	79.1	88.4	
9) Отбойный молоток, расстояние до точки измерения 5 метров										
УЗД в ИТ с открыт. кожухом	85	81	78	80	81	85	82	81	89.5	
УЗД в 7,5 метрах	82.8	78.8	75.8	77.8	78.8	82.8	79.8	78.8	87.4	
10) Трансформатор сварочный, расстояние до точки измерения 1 метр										
УЗМ	99	92	86	83	80	78	76	74	86.6	
11) Кран пневмоколесный КС-5363, расстояние до точки измерения 4 метра										
УЗМ	83	77	77	78	78	76	69	63	82.2	92
12) Забивка шпунтов стандартным копром, расстояние 7,5 метров										
УЗД в 7,5 метрах	101	102	102	104	110	110	105	102	113	120
26 13) Насос открытого водоотлива Н-1М, расстояние 7,5 метров										
УЗД в 7,5 метрах	81	77	74	79	86	83	81	73	90,0	92,0
14) Кран башенный нулевого цикла КБ-404М, расстояние 7,5 метров										
УЗД в 7,5 метрах									84,0	86,0

УЗД в 7,5 метрах 84 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы была произведена оценка параметров шумности машин и механизмов, используемых на стройплощадках современных транспортных систем и, в частности, объектов сооружения тоннелей малого заложения на Лефортовском участке третьего транспортного кольца Москвы (бульдозеры, экскаваторы, большегрузный авто-транспорт, компрессоры, отбойные молотки, трансформаторы и т.д.), которые при своей работе могут создать на прилегающей к стройплощадке селитебной территории уровни звукового давления (УЗД), превышающие допустимые санитарными нормами (ПДЗ).

Для проведения работ была использована методика определения шумовых характеристик строительных машин и механизмов и проведены измерения уровней шума от основных источников шума на стройплощадке, которые могут быть использованы в качестве исходных данных в акустических расчетах по определению ожидаемых УЗД вблизи от стройплощадок.

Результаты этих измерений и сравнение их с выполненными ранее измерениями шумности строительного оборудования, подтверждают типичный характер строительного оборудования, оценки шумности которого приведены в отчете. Таким образом, их использование на стройплощадках современных транспортных систем не требует дополнительных оценок шумности на территориях вблизи ранее запланированных стройплощадок.

Показано, что вибрационное поле типичной строительной машины в условиях стройплощадки оказывается в принципе существенно более низкочастотным, чем шумовое. Анализ результатов измерений подтверждает сделанные ранее выводы о существенном различии частотных диапазонов шумового (акустического) сигнала в воздухе и вибрационного (сейсмического) сигнала в грунте. Для обследованных образцов эти диапазоны различаются на порядок. Основная энергия вибраций обследованных образцов строительных машин лежит на частотах существенно ниже 32 Гц, то есть за пределами диапазона нормируемого в части вибраций существующими документами. При этом, замеренные величины на расстоянии 50 метров не превышают по интегральным значениям вибрационной колебательной скорости значений  $3 \cdot 10^{-6}$  м/сек (КАМАЗ 4310). Кроме этого следует заметить, что указанные статистические поля создаются различными группами источников вибраций поверхности объекта и, таким образом, оказываются, по существу, независимыми (не коррелированными) друг от друга.

При проведении измерений, ввиду стесненных условий стройплощадки, измерения проводились на сравнительно небольшом удалении от объектов - 3-5 метров, то есть вблизи границы зоны ближнего поля объекта. Однако, в работе показано, что ограничения в выборе минимального удаления точки измерения от объекта связаны не с низкочастотными компонентами шума, как можно подумать, а с высокочастотными компонентами. 86



следовательно, выбор точки измерения на малом расстоянии, например, порядка 3 метров, как в экспериментах, может привести к существенным ошибкам только для оборудования с достаточно высокочастотным спектром шума. В наших измерениях это замечание может относиться лишь к случаю отбойного молотка, который для контроля обмерен дополнительно с расположением контрольной точки на расстоянии до 10 метров, насколько позволили условия стройплощадки.

Таким образом, в целом, использование приведенных в отчете данных по шумности на стройплощадках современных транспортных систем, подобных не требует дополнительных (новых) оценок шумности на территориях вблизи ранее запланированных стройплощадок и эти данные могут быть рекомендованы для оценок шумности ожидаемой на прилегающей к стройплощадке селитебной территории с целью исключения возможности превышения соответствующими уровнями звукового давления (УЗД), допустимых санитарных норм (ПДЗ).

Сводные данные по шумности строительных машин, механизмов, оборудования и транспортных средств, предусмотренных ПОС (см. Таблицу 1.1), разработанным НПО «КОСМОС» для тоннелей малого заложения, сооружаемых на Лефортовском участке третьего транспортного кольца Москвы, на стандартном расстоянии 7,5 метров от источника, полученных на основании обобщения материалов исследований отраженных в отчете и нормативных данных по шумности современной строительной техники приведены в Таблице 5 ( $L_{Aeq}$  и  $L_{Amax}$  в дБА).

Данные по шумности строительных машин, механизмов, оборудования и транспортных средств, применяемых при строительстве тоннелей малого заложения на Лефортовском участке третьего транспортного кольца Москвы (данные приведены к стандартному расстоянию 7,5 метров)

Таблица 5

№№ п.п.	Наименование оборудования	L <sub>A</sub> эквивален тн ый дБА	L <sub>A</sub> максималь ный дБА
1	2	3	4
1	Экскаватор-прямая и обратная лопата ЭО - 4121, ковш 1,0 м	82	86
2	Экскаватор - драглайн Э-1001 1 А, ковш 1,0 м <sup>3</sup>	79	95
3	Экскаватор «VOLVO» с объемом ковша 2,50 м <sup>3</sup>	87	92
4	Бульдозер ДТ - 130	88	88
5	Автосамосвалы КАМАЗ, г/п 13 т	89	90
6	Кран пневмоколесный КС-5363, грузоподъемностью 25 т	82	88
7	Кран пневмоколесный КС - 35715 грузоподъемностью 16 т	73	73
7а	Кран пневмоколесный грузоподъемностью 10 т	71	71
8	Кран пневмоколесный КС - 6471, грузоподъемностью 40 т	86	86
9	Кран КАТО, г/п 50 т	69	69
10	Автобетоносмеситель «MAN» 26-293, емкостью - 6,5 м <sup>3</sup>	79	80
10а	Автомиксер 55111 с объемом 4,0 м <sup>3</sup>	72	75
11	Бетононасос «SOILMEC» - 7Т-450	64	64
12	Сварочный трансформатор ИВ - 102А, N = 20 кВт	87	87
13	Электровибратор глубинный И-21, N = 0,75 кВт	-	-
14	Электровибратор площадочный ИВ-98А, N = 0,55 кВт	-	-
15	Отбойные молотки МО - 1- 6ПМ	90	91

1	2	3	4
16	Бетонолом на базе самосвала «ТАТРА» DN 214	73	73
17	Фронтальный погрузчик ТО - 18	63	63
18	Пневмокаток Д - 263, 25 т	82	88
19	Компрессор передвижной ПВ - 10/8	94	95
20	Буровой станок BG-9, для скважин Ø620 мм	90	93
21	Шпунтовый дергиватель (навесное оборудование к крану)	69	72
22	Насос открытого водоотлива Н - 1М	90	92
23	Комплект оборудования для стабилизации грунтов методом струйной цементации	-	-
24a	Оборудование «BAUER» в режиме бурения	84	89
24b	Оборудование «BAUER» в режиме забуривания труб	82	89
24c	Оборудование «BAUER» в режиме установки труб	76	77
24d	Оборудование «BAUER» в режиме выемки труб	81	88
24e	Оборудование «BAUER» в режиме стряхивания породы	91	99
25	Передвижная мастерская ПАРМ	-	-
26	Буровой агрегат «PUNTEL»,	67	70
27	Оборудование для «стены в грунте» фирмы «Касагранде»		-
28	Мини-экскаватор JCB, г/п – 10 т, ковш 0,25 м³	61	63
29	Погрузчик малогабаритный ПМТС-1200, г/п 1,2 т	-	-
30	Кран башенный нулевого цикла КБ - 404М	84	86
31	Асфальтоукладчик	-	-
32	Поливомоечная машина	71	73
32a	Бензозаправщик	73	73
33	Горнопроходческие щиты	-	-
34	Установки микротоннелирования	-	-