


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 14.06.2024 16:37:11  
Уникальный идентификатор:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce5366f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор –  
Проректор по учебной работе  
Е.А. Кудряшов  
« 10 » июня 2011 г.



### Защита от акустического загрязнения окружающей среды стройплощадками

Методические указания к выполнению лабораторной работы  
по дисциплине «Системы защиты среды обитания»,  
для студентов специальности 280101.65  
Безопасность жизнедеятельности в техносфере

УДК 621.3

Составители: М.В. Томаков, В.И. Томаков

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Беседин А.В.

**Защита от акустического загрязнения окружающей среды стройплощадками:** Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Системы защиты среды обитания» для студентов специальности 280101.65 Безопасность жизнедеятельности в техносфере / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: М.В. Томаков, В.И. Томаков. Курск, 2012. 16 с.: ил. 12. Библиогр.: с.16.

Изучаются источники образования строительного шума и их акустические характеристики, конструкции акустических экранов и шумопоглощающих элементов. Изучается методика и выполняется расчет в среде MATCAD эффективности экрана, предназначенного для защиты от шума.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. . Уч. - изд. л. . Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, Россия, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## **Охрана окружающей среды в местах производства строительных работ. Защита от акустического загрязнения окружающей среды стройплощадками**

*Цель работы* – исследовать защиту от шума путем устройства акустических экранов, изучить методику и выполнить расчет в среде MATCAD эффективности экрана, предназначенного для защиты от шума.

### **1 Практика защиты жилой застройки от шума строительных площадок акустическими экранами**

При социологических опросах в городах шум (примерно в 80% ответах) фигурирует в качестве раздражителя, а многочисленные медико-гигиенические исследования свидетельствуют о том, что шум весьма неблагоприятно воздействует на организм человека, приводя к серьезным нервным расстройствам и заболеваниям. Строительство, наравне с транспортом, является заметным источником шума в городах, вызывающим частые жалобы населения.

*Законодательные основы борьбы с шумом.* Меры борьбы с шумом основываются на требованиях законов РФ: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», Федеральный закон от 30 марта 1999г. №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». В этих законах содержатся общие требования по защите от вредных воздействий при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов хозяйственной деятельности, требования по проведению мероприятий по защите населения от вредных воздействий. К числу нормативных документов в области ограничения воздействия шума относятся ГОСТ 12.1.036–81. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях; ГОСТ 12.1.003-83\*. Шум. Общие требования безопасности; Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

*Источники образования строительного шума.* Шум от стройплощадки образуется от шума отдельных строительных машин и механизмов (СМиМ). Анализ характеристик внешнего шума основных типов СМиМ, измеренных на расстоянии 7,5 м, показывает, что внешний шум СМиМ лежит в достаточно широком диапа-

зоне (70–100 дБА). Источником шума до 80 дБА являются машины без шумовиброактивных рабочих органов (скреперы, бульдозеры, экскаваторы, погрузчики и др.), шума свыше 80 дБА – гусеничные бульдозеры, а также машины с виброактивным рабочим органом (виброкатки) или рабочие органы ударного действия (сваебойные машины). В составе небольшого строительного комплекса шум строительной площадки определяется шумом наиболее шумной машины или агрегата, но при большом количестве СМиМ процессы шумообразования носят более сложный характер.

**Характеристики шума стройплощадок.** Шум строительной площадки, в силу выполняемых технологических операций, является непостоянным. Характеристикой непостоянного шума является эквивалентный уровень звука ( $L_{экв}$ , дБА). Для территории жилой застройки принято нормативное значение  $L_{экв} = 55$  дБА (норма для дневного времени, так как в ночное время строительные работы не должны проводиться). Согласно этому документу также установлены максимальные значения ( $L_{max}$ ) уровней звука, равные 70 дБА.

Шум стройплощадок зависит от технологии строительства, вида работ, состава машин и механизмов строительного комплекса и расстояния от строительной площадки до близрасположенной жилой застройки [9]. Шум большинства стройплощадок превышает норму на расстояниях до 300 м. На расстояниях 250 – 300 м отмечены небольшие (до 2–4 дБА) превышения уровней эквивалентных уровней звука (УЗ), а максимальные УЗ превышают нормы до 10 дБА. На расстоянии 25–50 м отмечены превышения эквивалентных уровней до 10 – 13 дБА. При близком расположении стройплощадки к жилой застройке превышения могут быть выше 15 дБА.

**Защита от акустического загрязнения** окружающей среды стройплощадками сводится к снижению шума на пути распространения от источника до защищаемого объекта. Опыт показывает, что требуемое снижение шума для жилой застройки (жилого дома, школы, культурного центра и пр.), расположенной ближе 200 – 300 м к стройплощадке, составляет от 5 до 15 дБА. Наиболее эффективной мерой в этом случае является установка на границах стройплощадки акустических экранов (АЭ), обращенных к жилой застройке. Правильно спроектированные АЭ, например высотой 3–4 м и необходимой длины, могут обеспечивать эффективность от 10 – 15 дБА [9] до 25 – 30 дБА. Качественное снижение уровня звука регистрируется на частотах 32 – 4000 Гц. Экран представляет со-

бой стенку или плоский барьер в виде неширокой сплошной плоской преграды, отделяющую строительную площадку от жилой застройки (рисунок 1).



Рисунок 1 – Шумозащитный экран, установленный вблизи строительной площадки, Ленинградская область

**Конструктивные решения.** В настоящее время применяются десятки самых разных конструкций акустических экранов, которые могут быть разбиты на пять основных классов: широкие АЭ; акустические экраны-стенки; комбинированные АЭ; гибридные АЭ; экранные комплексы.

Все АЭ, используемые для снижения акустического загрязнения окружающей среды по типу применяемого материала и их отражающим или поглощающим свойствам, представлены двумя группами.

1. Однослойные, отражающие звуковую энергию. Материалом экранов этого типа могут быть дерево, кирпич, стекло, пластики, металлы, бетон, керамзитобетон, пенобетон и т. п. Экраны этой группы имеют низкую поглощающую способность. Так у бетонных экранов коэффициент звукопоглощения  $\alpha_{\text{погл}}$  составляет 0,01–0,05. Выше этот коэффициент у дерева. В связи с этим в бетонную смесь добавляют древесные материалы и получают в результате  $\alpha_{\text{погл}} = 0,05 - 0,15$ .

2. Многослойные, имеющие существенно более высокий коэффициент звукопоглощения за счет введения слоя звукопоглощающих материалов (ЗПМ) с  $\alpha_{\text{погл}} = 0,5-1,0$ . К таким АЭ относятся: бетонные двухслойные, в которых в качестве поглощающего слоя применяют полистербетон, пенобетон и т. д.; алюминиевые трехслойные; с по-

крытием пористой резиной. В качестве ЗПМ в многослойных экранах применяют такие материалы как URSA, шлаковата, капроновое волокно, стекловата, пенополиуретан и другие, пористые или волокнистые материалы. Звукопоглощающие материалы и изделия из них должны обладать стабильными физико-механическими и акустическими свойствами в течение всего периода эксплуатации, быть биостойкими и влагостойкими, не выделять в окружающую среду вредных веществ в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации.

В качестве защитных перфорированных экранов звукопоглощающих облицовок служат алюминиевые или стальные перфорированные панели при толщине металла 0,7 – 0,8 мм для стали и 0,8 – 1,0 мм для алюминия. В настоящее время используется оцинкованная сталь или сталь со сложным полимерным цветным покрытием «Pural», имеющим высокую стойкость к механическому износу и воздействию различных реагентов и к солнечному свету. Срок службы покрытия – до 5 лет. На рисунке 2 и 3 приведена конструкция такого шумозащитного экрана. Перфорация, располагаемая в многослойных АЭ со стороны источника шума, обеспечивает проникновение звука к слою ЗПМ. Конструктивно перфорация может применяться в виде щелей или отверстий. Вид перфорации не влияет на эффективность АЭ и обусловлен только технологическими требованиями. Эффективность АЭ зависит от площади перфорации: чем больше площадь перфорации, тем меньше отражение звука. Минимально необходимая площадь перфорации, существенно влияющая на поглощение звука экраном, составляет 30 – 35 %.

В основном для снижения шума в жилой застройке находят применение отражающие однослойные АЭ из бетона, асбоцемента, дерева, металла и поглощающие многослойные АЭ (в основном металлические с размещением внутри слоя звукопоглощающего материала). Каждые из них имеют свои достоинства и недостатки. Первые — менее эффективны, сложны при монтаже, но более дешевы, вторые — более эффективны и удобны в монтаже.

Увеличение эффективности АЭ на 2 – 3 дБА достигается применением сложной составной части, располагаемой на свободном (верхнем) ребре АЭ. Тогда АЭ в поперечном сечении приобретают Г-образную, Т-образную и Y-образную форму.

Экраны могут быть передвижными и устанавливаемые стационарно (например, используются для защиты от транспортного шума, рисунок 3).

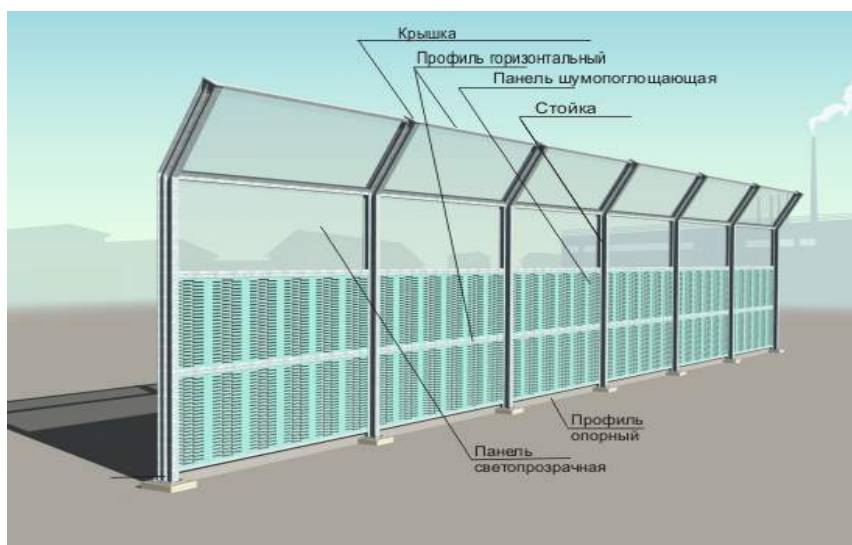


Рисунок 2 – Конструкция шумозащитного экрана



Рисунок 3 – Шумозащитный экран, установленный на Красносельском шоссе, г. Санкт-Петербург

Передвижные акустические экраны или шумозащитные ограждения разработаны ОАО «Завод акустических конструкций» (г. Санкт-Петербург). Они представляют собой сборную металлическую конструкцию, состоящую из вертикальных металлических стоек, горизонтальных металлических профилей и звукопоглощающих панелей, которые соединяются с переставным бетонным



основанием с помощью анкерных болтов. Горизонтальный профиль представляет собой швеллер, в который устанавливаются панели. Он является несущим элементом полотна экрана, передавая ветровую нагрузку от панелей к стойкам. Наличие горизонтальных профилей позволяет существенно увеличить пролет между стойками экрана. Так, если у экранов-аналогов величина пролета не превышает 3 м, то у экранов ОАО «Завод акустических конструкций» может достигать 6 м. Тем самым сокращается количество стоек экрана, что, в конечном итоге, снижает его стоимость. Опорный горизонтальный профиль – стандартный швеллер № 5 – 14 (в зависимости от высоты экрана и расстояния между стойками), воспринимающий нагрузку от массы полотна экрана. Для стоек экрана используется двутавр № 16 – 25 (в зависимости от воспринимаемых нагрузок). Устранение зазора между нижним краем полотна экрана и грунтом достигается благодаря наличию резинового двухслойного фартука, прикрепленного к швеллеру опорного профиля. Стенка панели, обращенная к источнику шума, является перфорированной. Прочностные расчеты и экспериментальные проверки доказали работоспособность отдельной панели при ветровой нагрузке до  $90 \text{ кгс/см}^2$ , а в составе экрана – до  $116 \text{ кгс/см}^2$ .

Шумопоглощающий элемент изготавливается из минеральной ваты, заключенной в полиэтиленовую оболочку, и это препятствует её намоканию, слеживаемости и сползанию в нижнюю часть панели, что гарантирует сохранение акустических свойств в течение длительного (до 10 лет) времени. Эстетическая привлекательность экрана достигается благодаря широкой цветовой гамме покрытия панелей.

Акустический экран может быть любой длины и высотой до 6 м, легко собирается и разбирается, обеспечивает ограждение территории строительной площадки. Акустическая эффективность зависит от его высоты и может достигать максимальных значений 18 дБА. Практика установки экранов показала, что монтаж данных конструкций чрезвычайно прост и удобен, после установки стоек не требует подъемно-транспортного оборудования. Один пролет (секция) экрана площадью  $12 \text{ м}^2$  монтируется за 40 минут бригадой из трех неквалифицированных рабочих. Кроме того, конструкция АЭ позволяет легко производить и демонтаж: как отдельного пролета, так и вместе со стойками с последующей установкой на новом месте. При этом в конструкцию экрана входят элементы, исключющие возможность несанкционированного демонтажа экрана.



## 2. Расчет эффективности акустического экрана для защиты от строительного шума

Цель данного раздела – разработка программы в среде МАТ-САД, позволяющей выполнить расчет ожидаемого максимального снижения шума и фактического снижения уровня звука в расчетной точке за акустическим экраном и представить результаты в виде графика снижения уровня звука в зависимости от положения расчетной точки относительно экрана. При распространении шума за АЭ происходит явление так называемой звуковой тени (рисунок 4).

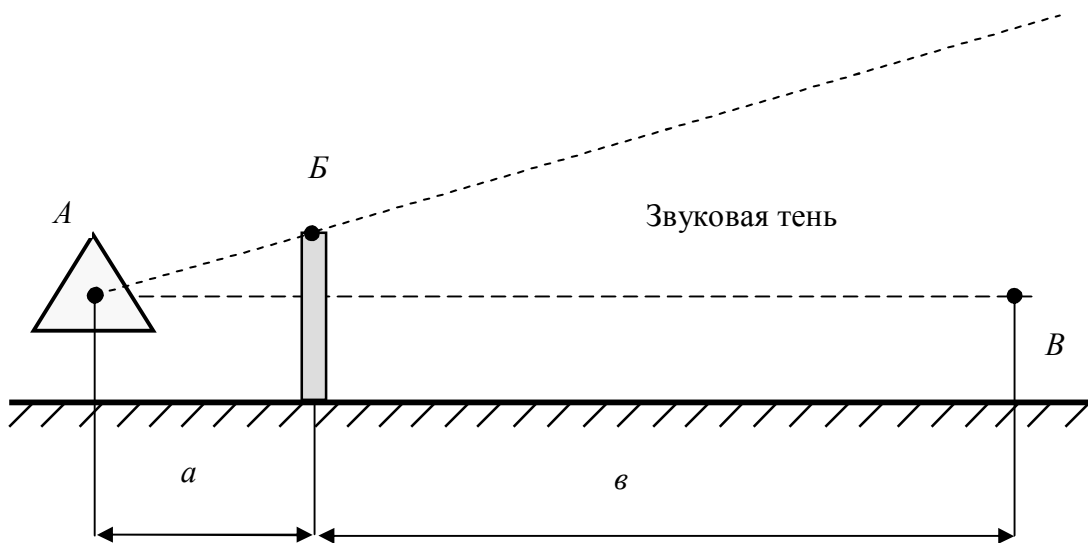


Рисунок 4 – Схема распространения шума за барьером: *A* – источник шума; *B* – барьер; *B* – точка измерения

Снижение уровня звука в расчетных точках, расположенных на границе звуковой тени, т. е. на продолжении прямой линии, соединяющей акустический центр источника шума с вершиной экрана, составляет около 5 дБА. Поэтому для обеспечения более высокой акустической эффективности экрана вершина экрана должна возвышаться над прямой линией, соединяющей акустический центр источника шума с расчетной точкой. Одновременно для увеличения акустической эффективности экрана и уменьшения его высоты расстояние *a* между источниками шума и экраном рекомендуется принимать минимальным с учетом обеспечения безопасности движения и нормальной эксплуатации строительной техники и транспортных средств.

Однако на практике в зоне звуковой тени шум от источника, экранируемого АЭ, исключается не полностью, – происходит оги-

бание АЭ, что объясняется явлением дифракции. Под дифракцией обычно имеют в виду как нарушение прямолинейности распространения волн, так и сопровождающие его явления интерференции. В однородной атмосфере с увеличением расстояния от источника интенсивность звука падает при сохранении общего количества распространявшейся энергии (рисунок 5).

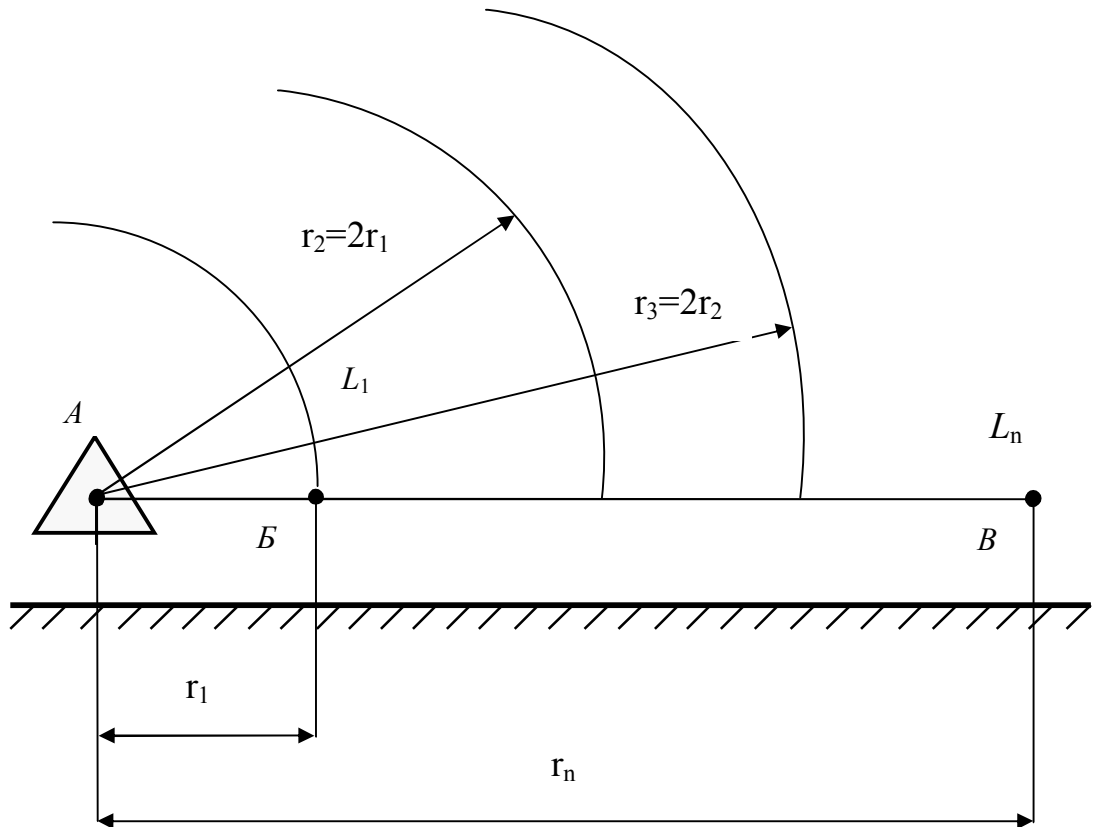


Рисунок 5 – Схема распространения шума над ровной местностью:  $A$  – источник шума;  $L_1$  – уровень звукового давления в точке  $B$ ;  $L_n$  – уровень звукового давления в точке  $B$ ;  $r_1$  – расстояние от источника шума до точки измерения  $B$ ;  $r_2$  и  $r_3$  – последовательно удвоенные расстояния

**Методика расчета ожидаемого шума.** Процесс расчета снижения уровня звукового давления можно разделить на три этапа: определение уровней звукового давления; - определение максимального снижения уровня звука, обеспечиваемого АЭ; определение фактического снижения уровня звука в расчетной точке. Используется графоаналитический метод.

Необходимая шумозащитная эффективность акустических экранов (АЭ) обеспечивается варьированием их высоты, длины, расстояния между источником шума и экраном.

Расчет ожидаемого максимального снижения шума за АЭ и определения фактического снижения уровня звука в расчетной точке за АЭ проводим с помощью программы написанной в среде MATCAD, позволяющей вычислять и строить график зависимости снижения уровня звука от положения расчетной точки относительно экрана для всех расчетных точек. Для проведения расчета необходимо выполнить следующие шаги.

Вычертить в произвольном масштабе принципиальную схему расположения источника шума, экранирующего шум сооружения и расчетной точки (рисунок 6). Источник шума следует изображать точкой, взятой на оси, наиболее удаленной от расчетной точки, полосы или колеи движения строительной машины на высоте 1 м от поверхности проезжей части.

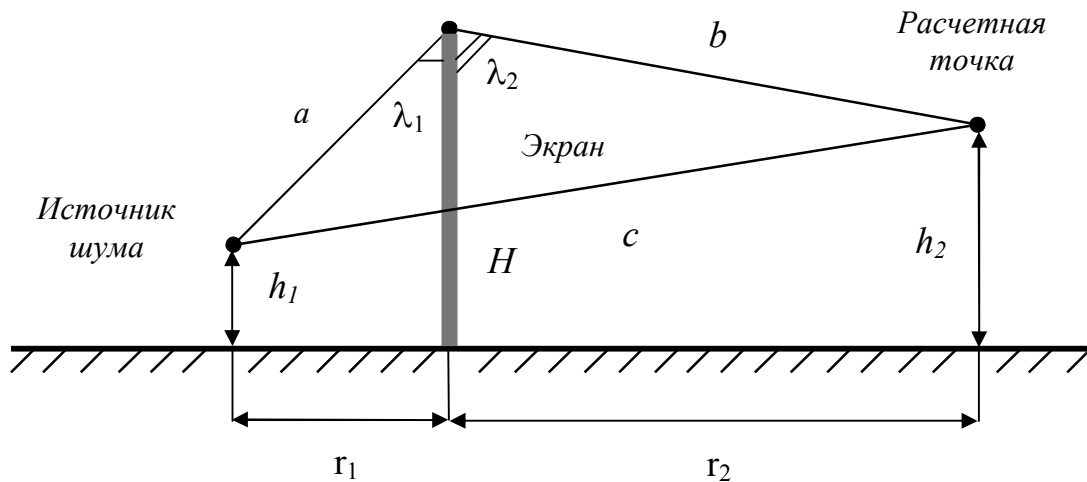


Рисунок 6 – Расчетная схема для определения максимального снижения уровня звука за экраном:  $r_1$  – расстояние от источника шума до экрана;  $r_2$  – расстояние от экрана до расчетной точки;  $h_1$  – высота между источником шума и прилегающей поверхностью (поверхность площадки);  $h_2$  – высота расположения расчетной точки;  $H$  – высота экрана;  $a$  – расстояние между источником шума и вершиной экрана;  $b$  – расстояние между расчетной точкой и вершиной экрана;  $c$  – расстояние между источником шума и расчетной точкой

**Пример расчета эффективности экрана, предназначенного для защиты от шума в среде MATCAD.** Расчет ожидаемого снижения шума проводим с помощью программы написанной в среде MATCAD, позволяющей вычислять и строить график зависимости снижения уровня звука от положения расчетной точки относитель-

но экрана для всех расчетных точек. Для проведения расчета необходимо выполнить следующие шаги.

Во-первых, необходимо заполнить следующую форму (рисунок 7). При заполнении данных касающихся источника шума, необходимо учесть, что в силу специфики строительных технологий, связанных со сложными перемещениями объектов по стройплощадке, неравномерному излучению звука в пространстве отдельными объектами, принимаем допущения, где вся площадка в совокупности машин и механизмов рассматривается как суммарный источник шума.

Рисунок 7 – Форма необходимая для заполнения данными

После заполнения всех необходимых данных: источник шума (высота и расстояние до экрана), экран (высота) и расчетные точки (количество, расстояние и высота) форма ввода данных будет иметь следующий вид (рисунок 8).

	Расстояние до экрана	Высота
A1	3	4
A2	4	5
A3	5	6
A4	6	7

## Рисунок 8 – Введенные данные необходимые для вычисления

После введения необходимых данных для вычисления выполним расчет, для чего необходимо нажать «Вычисление». Программа произведет необходимый расчет. Построится расчетная схема для определения снижения уровня звука за экраном, результаты каждой расчетной точки, например А1, будут выведены на интерфейсе, как показано на рисунке 9.

Источник шума

Высота: 3

Расстояние до экрана: 6

Экран

Высота: 6

Расчетные точки

Количество: 4

	Расстояние до экрана	Высота
A1	3	4
A2	4	5
A3	5	6
A4	9	7

Выбор исследуемой точки: A1

Разность путей (м): 1,25

Макс. сниж. уровня: 20

Факт. снижение уровня звука 1:6,09

Факт. снижение уровня звука 2:3,09

Поправка: 1,5

Снижение уровня звука: 4,59

Вычисление

График

Выход

## Рисунок 9 – Расчетная схема для определения снижения уровня звука за экраном и результаты расчетной точки А1

Результаты расчета других расчетных точек, например А2, А3 или А4 можно вывести на экран, если переключить на панели кнопку «Выбор исследуемой точки» и выбрать необходимую точку как это показано на рисунке 10.

The screenshot shows a software interface titled 'Form1'. It contains several input fields and a table of calculated points.

**Источник шума**  
 Высота: 3  
 Расстояние до экрана: 6

**Экран**  
 Высота: 6

**Расчетные точки**  
 Количество: 4

	Расстояние до экрана	Высота
A1	3	4
A2	4	5
A3	5	6
A4	9	7

**Выбор исследуемой точки:** A1

Разность путей (м): 1, A2  
 Макс. сниж. уровня: 2, A3  
 Факт. снижение ур-ня: A4, 0,9  
 Факт. снижение ур-ня звука: 2:3,09  
 Поправка: 1,5  
 Снижение ур-ня звука: 4,59

Buttons: Вычисление, График, Выход

Рисунок 10 – Просмотр результата вычисления исследуемых точек

Построение графика производится путем нажатия кнопки «График» (Рисунок 11). Выводится отдельное окно с построенным графиком и функциями «Сохранить» и «Распечатать». При сохранении результата необходимо указать путь и имя сохраняемого файла, формат bmp.

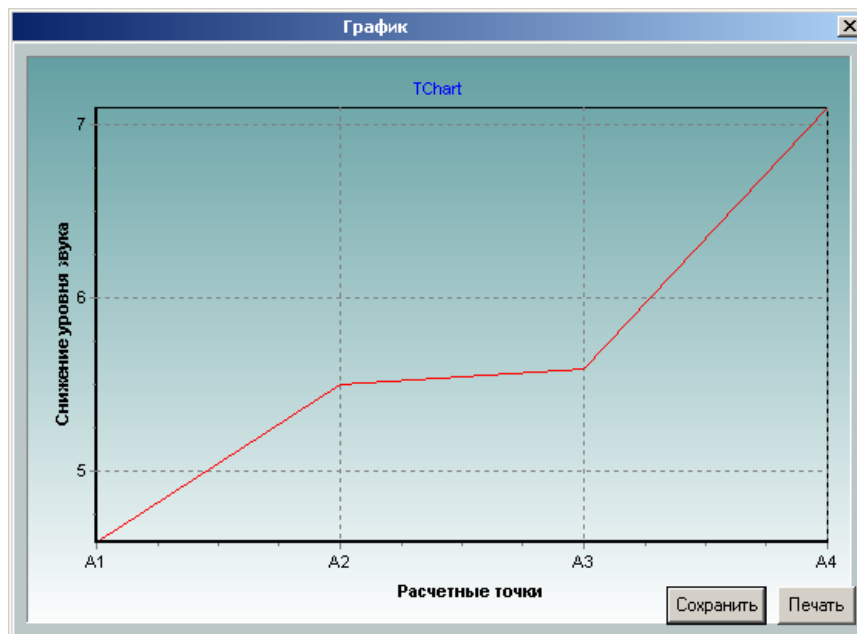


Рисунок 11 – График расчетов

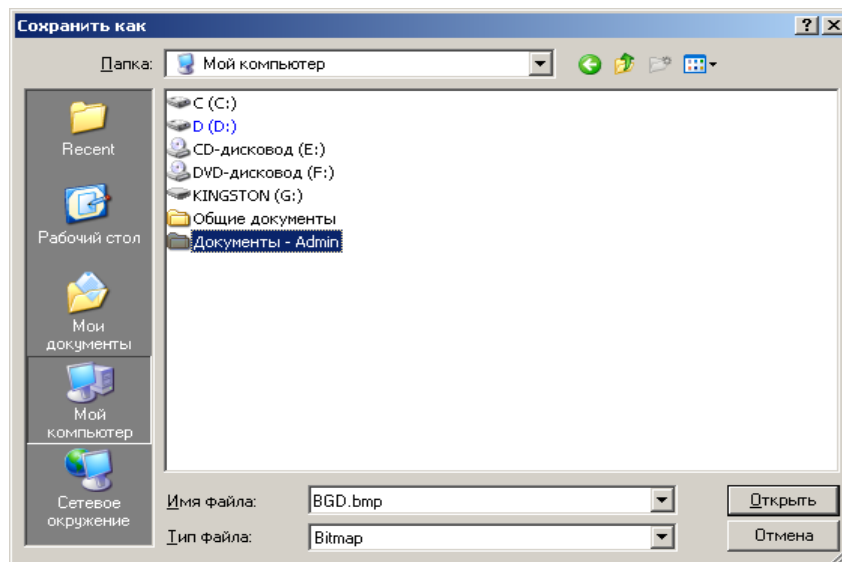


Рисунок 12 – Сохранение результата



## Рекомендуемая литература

1. Васильев А.В. Снижение шума транспортных потоков в условиях современного города // Экология и промышленность России. Июнь, 2004. С. 37 – 41.
2. Грибов С.А., Иванов Н.И., Митина Н.Н. и др. Снижение шума при строительстве // Безопасность жизнедеятельности. 2005. №8. С.22–25.
3. Защита от шума в градостроительстве: Справочник проектировщика / Г.Л. Осипов, В.Е. Коробков, А.А. Климухин и др.; Под ред. Г. Л. Осипова. М.: Стройиздат, 1993. 96 с.
4. Иванов Н.И., Тюрина Н.В. Применение акустических экранов для защиты от шума автомобильного и железнодорожного транспорта // Безопасность жизнедеятельности. 2005. №8. С.13 –18.
5. Куклев Ю.И. Физическая экология: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2001. 357 с.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. 20 с.
7. Шубин И.Л. К расчету эффективности придорожных экранов, предназначенных для защиты от транспортного шума // Безопасность жизнедеятельности. 2006. №7. С. 31 – 32.