

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра геоэкологии

ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к расчетно-графическим работам
для студентов бакалавриата направления 13.03.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020

УДК 504.055 (073)

ЭКОЛОГИЯ: Методические указания к расчетно-графическим работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *Т.А. Лытаева*. СПб, 2020. 28 с.

Методические указания направлены на формирование у студентов навыков применения знаний, полученных на лекциях, а также самостоятельного решения практических задач на производстве. Приведен расчет ожидаемых уровней шума на открытых площадках, а также в помещениях с учетом факторов среды, влияющих на распространение акустических волн.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» по профилю «Электропривод и автоматика».

Научный редактор проф. *М.А. Пашкевич*

Рецензент *Д.О. Акименко* (ООО «ТрансАналит»)

ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины «Экология» является приобретение студентами знаний о контроле за состоянием компонентов окружающей среды, позволяющем производить оценку и прогноз состояния природной среды на локальном и региональном уровнях.

Целью выполнения расчетно-графических работ по дисциплине «Экология» является систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний в области охраны окружающей среды, в частности о физических закономерностях процесса излучения и распространения шума, его негативного воздействия на человека и биоту, а также приобретение навыков практического применения этих знаний для решения конкретных научных, инженерных и производственных задач.

Выполнение расчетно-графических работ является одним из видов промежуточной оценки знаний студентов, полученных в результате изучения дисциплины «Экология».

Расчетно-графические работы выполняются индивидуально каждым студентом на основании исходных данных, представленных в методических указаниях, в соответствии с вариантом (порядковый номер студента в журнале группы). Результат выполнения каждой расчетно-графической работы оформляется в виде отчета, который подлежит защите руководителю практических занятий в индивидуальном порядке.

1 РАСЧЕТ И ОЦЕНКА ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА

Оценка уровня шумового воздействия транспорта на окружающую среду производится при наличии в зоне влияния дороги мест, чувствительных к шумовому воздействию жилых и промышленных территорий населенных пунктов, санитарно-курортных зон, территорий сельскохозяйственного назначения (при наличии специальных требований), заповедников, заказников, а также в других случаях специально обусловленных заданием на проектирование.

Возникающий при движении транспортных средств шум ухудшает качество среды обитания человека и животных на прилегающих к дороге территориях. Шум действует на нервную систему человека, снижает трудоспособность, уменьшает сопротивляемость сердечнососудистым заболеваниям.

Выполнение расчетно-графической работы начинается с изображения расчетной схемы взаимного расположения транспортных магистралей, полос зеленых насаждений, экранирующих сооружений и расчетной точки, выполненной в произвольном масштабе (рисунок 1).

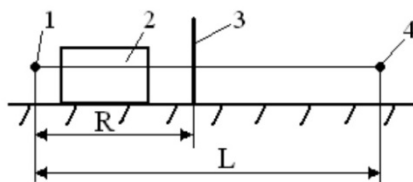


Рис. 1. Расчетная схема: 1 – автомагистраль; 2 – *i*-рядная полоса зеленых насаждений; 3 – экран; 4 – расчетная точка; *R* – расстояние от автомобильной дороги с *n* полосами движения до экрана; *L* – расстояние от автомобильной дороги с *n* полосами движения до расчетной точки

Ожидаемый уровень звука в расчетной точке, обусловленный шумом транспортных потоков, рассчитывают по следующей методике.

1. Уровень звукового давления L_p , дБ, определяется по формуле:

$$L_p = 10 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (1)$$

где P – интенсивность действующего звука (шума), Вт/м²;
 P_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте звука 1000 Гц, принимается равной 10-12 Вт/м².

Из данной формулы видно, что увеличение интенсивности звука в 10 раз дает рост уровня звука на 10 дБ.

Оценку производственного шума в соответствии со СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» проводят по величине эквивалентного уровня измерением в дБА, что позволяет учесть неоднородность интенсивности шума во времени [5].

Величина эквивалентного уровня транспортного шума, образующегося на эксплуатируемой дороге, зависит от приведенных ниже факторов.

1. Транспортные факторы:

- количество транспортных средств (интенсивность движения);

- состав движения;

- эксплуатационное состояние транспортных средств;

- объем и характер груза;

- применение звуковых сигналов.

2. Дорожные факторы:

- плотность транспортного потока;

- продольный профиль (подъемы, спуски);

- наличие и тип пересечений и примыканий;

- вид покрытия, шероховатость;

- ровность покрытия;

- поперечный профиль, наличие насыпей и выемок;

- число полос движения;

- наличие разделительной полосы;

- наличие остановочных пунктов для транспорта.

3. Природно-климатические факторы:

- атмосферное давление;

- влажность воздуха;

- температура воздуха;

- скорость и направление ветра, турбулентность воздушных потоков;

- осадки.

2. Прогнозирование эквивалентного уровня транспортного шума на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения $L_{ТРП}$, дБ, допускается проводить по приближенной формуле:

$$L_{ТРП} = 50 + 8,81 \cdot g \cdot N + F \quad (2)$$

где N – расчетная часовая интенсивность движения, авт/ч; (для проектируемых дорог принимается на 20-й год после окончания разработки проекта); F – фоновый уровень шума, принимается по данным местных органов санитарно-эпидемиологического надзора.

3. Пропускную способность $N_{ПР}$, авт/ч, одной полосы движения транспортной магистрали определяют по формуле:

$$N_{ПР} = \frac{1000 \cdot V}{8 + 0,18 \cdot V + \frac{V^2}{225 - 1,09 \cdot V}} \quad (3)$$

где $N_{ПР}$ – максимальное число приведенных транспортных средств (легковых автомобилей), которое может быть пропущено в течение 1 ч по одной полосе движения в одном направлении, автомашин; V – установившаяся скорость движения, км/ч.

4. Пропускную способность транспортной магистрали N , авт/ч, определяют по формуле:

$$N = \frac{N_{ПР} \cdot K_n}{1 + 1,8 \cdot K} \quad (4)$$

где n – число полос движения; K_n – коэффициент многополосности ($K_1 = 1$; $K_2 = 1,9$; $K_3 = 2,7$; $K_4 = 3,5$; $K_5 = 4,3$; $K_6 = 5$; $K_7 = 5,7$; $K_8 = 6,4$); K – доля грузового и общественного транспорта в потоке.

5. Эквивалентный уровень шума в придорожной полосе $L_{ЭКВ}$, дБ, определяется по формуле:

$$L_{ЭКВ} = L_{ТРП} + \Delta L_V + \Delta L_i + \Delta L_d + \Delta L_k + \Delta L_{диз} + \Delta L_L \cdot K_p + F \quad (5)$$

где ΔL_V – поправка на скорость движения $L_{ТРП} + \Delta L_V$, определяется по таблице 1; ΔL_i – поправка на продольный уклон, принимается по таблице 2; ΔL_d – поправка на вид покрытия, принимается по таблице 3; ΔL_k – поправка на состав движения, принимается по таблице 4; $\Delta L_{диз}$ – поправка на количество дизельных автомобилей, принимается по таблице 5; ΔL_L – величина снижения уровня шума в зависимости от расстояния в метрах от крайней полосы движения, определяется по таблице 6; K_p – коэффициент, учитывающий тип поверхности между дорогой и точкой измерения, принимается по таблице 7.

Таблица 1

Значение величины $L_{TRP} + \Delta L_V$

Интенсивность движения N , авт/ч	Значения $L_{TRP} + \Delta L_V$ в зависимости от скорости движения, дБА				
	30	40	50	60	70
50	63,5	65,0	66,5	98,0	69,5
100	66,5	68,0	69,5	71,0	72,5
230	69,5	71,0	72,5	74,0	75,5
500	72,5	74,0	75,5	77,0	78,5
880	75,5	76,0	77,5	79,0	80,5
1650	76,5	78,0	79,5	81,0	82,5
3000	78,5	80,0	81,5	83,0	84,5

Таблица 2

Значение поправок на продольный уклон ΔL_i

Величина продольного уклона проезжей части, ‰	Величина поправки ΔL_i , дБА
до 20	0
40	+1
60	+2
80	+3
100	+4

Таблица 3

Значение поправок на вид покрытия ΔL_d

Вид покрытия	Величина поправки ΔL_d , дБА
Литой и песчаный асфальтобетон	0
Мелкозернистый асфальтобетон	-1,5
Черный щебень	+1,0
Цементобетон	+2,0
Мостовая	+6,0

Таблица 4

Значение поправок на вид покрытия ΔL_d

Относительное количество грузовых автомобилей и автобусов (не дизельных), %	5-20	20-35	35-50	50-60	65-85
Величина поправки ΔL_k , дБА	-2	-1	0	+1	+2

Таблица 5

Значение поправок на количество дизельных автомобилей $\Delta L_{диз}$

Относительное число грузовых автомобилей и автобусов с дизельными двигателями, %	5-10	10-20	20-35
Величина поправки $\Delta L_{диз}$, дБА	+1	+2	+3

Таблица 6

Значение снижения уровня шума в зависимости от расстояния от крайней полосы движения ΔL_L

Расстояние L , м	Величина поправки ΔL_L , дБА				
	Число полос движения				
	2	4		6	
		Ширина раздельной полосы, м			
	5	12	5	12	
25	4,6	3,6	3,4	3,2	3,0
50	7,5	6,1	5,7	5,5	5,2
75	9,2	7,7	7,2	7,1	6,7
100	10,4	8,8	8,4	8,1	7,7
150	12,2	10,5	10,0	9,7	9,3
250	14,4	12,2	11,6	11,4	11,0
300	15,2	13,4	12,8	12,6	12,1
400	16,4	14,6	14,0	13,8	13,3
500	17,4	15,6	15,0	14,7	14,3
625	18,3	16,5	15,9	15,7	15,2
750	19,1	17,3	16,7	16,5	16,0
875	19,8	18,0	17,4	17,1	16,4
1000	20,4	18,5	18,2	17,7	17,2

Таблица 7

**Коэффициенты, учитывающие тип поверхности между
дорогой и точкой замера K_p**

Тип поверхности	K_p
Вспаханная	1,0
Асфальтобетон, цементобетон, лед	0,9
Зеленый газон	1,1
Снег рыхлый	1,25

Полученные величины эквивалентного уровня шума не должны превышать для конкретных условий предельных величин установленных санитарными нормами, приведенными в таблице 8.

Таблица 8

Предельно-допустимые уровни шума

Характер территории	Предельно допустимые уровни шума, дБА	
	с 23 до 7 часов (ночь)	с 7 до 23 часов (день)
Селитебные зоны населенных мест	45	60
Промышленные территории	55	65
Зоны массового отдыха и туризма	35	50
Санаторно-курортные зоны	30	40
Территории сельскохозяйственного назначения	45	50
Территории заповедников и заказников	до 30	до 35

Если установленные предельные значения превышены, следует применять мероприятия и сооружения защиты от шума. Рекомендуются следующие мероприятия:

- устройство древесно-кустарниковой полосы;
- применение шумозащитных барьеров, валов;
- прокладка трассы дороги в выемке;
- перенос трассы дороги.

6. При применении шумозащитных мероприятий уровень шума в расчетной точке определяется по формуле:

$$L = L_{\text{ЭКВ}} - \Delta L_B - \Delta L_Z \quad (6)$$

где ΔL_B – величина снижения уровня шума различными типами зеленых насаждений, принимается по таблице 9; ΔL_Z – величина снижения уровня шума в зависимости от высоты и положения экрана определяется по формуле:

$$\Delta L_Z = \Delta L_{\text{Эаа}} + \Delta_d \quad (7)$$

где $\Delta L_{\text{Эаа}}$ определяется в следующем порядке:

а) определяется $\Delta L_{\text{Эаэб}}$ в зависимости от высоты экрана (рисунки 2) по формуле:

$$\Delta L_{\text{Эаэб}} = 18,2 + 7,8 \cdot \lg(a + b - c + 0,02) \quad (8)$$

где a – кратчайшее расстояние между геометрическим центром источника шума и верхней кромкой защитного сооружения, м; b – кратчайшее расстояние между расчетной точкой и верхней кромкой защитного сооружения, м; c – кратчайшее расстояние между геометрическим центром источника шума и расчетной точкой, м.

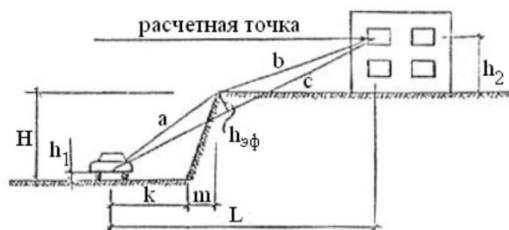


Рис. 2. Схема к расчету шумового воздействия:

H – высота защитного экрана или глубина выемки, м; h_1 – высота геометрического центра источника шума над поверхностью дороги, м; h_2 – высота расчетной точки над поверхностью дороги, м; $h_{\text{эф}}$ – эффективная высота защитного сооружения, м; k – расстояние от расчетной оси полосы движения до границы откоса выемки или до экрана, м; m – проекция откоса выемки на горизонтальную плоскость, м; L – расстояние от геометрического центра источника шума до заданного объекта, м

Таблица 9

**Величины снижения уровня шума различными типами
зеленых насаждений ΔL_B**

Состав посадок	Ширина посадок, м	Снижение уровня шума за полосой, дБА			
		Интенсивность движения, авт/ч			
		до 60	200	600	1200
1. Три ряда лиственных пород (клен остролистный, вяз, липа мелколистная, тополь бальзамический) с кустарником в виде живой изгороди или подлеска (клен татарский, спирея калинолистная, жимолость татарская)	10	6	7	8	8
2. Четыре ряда лиственных пород (липа мелколистная, клен остролистный, тополь бальзамический) с кустарником в виде двухъярусной изгороди (акация желтая, спирея, гордовина, жимолость татарская)	15	7	8	9	9
3. Четыре ряда хвойных пород (ель, лиственница) шахматной посадки с двухъярусным кустарником (терн белый, клен татарский, акация желтая, жимолость)	15	13	15	17	18
4. Пять рядов лиственных пород (аналогично п. 2)	20	8	9	10	11
5. Пять рядов хвойных пород (аналогично п. 3)	20	14	16	18	19
6. Шесть рядов лиственных пород (аналогично п. 2)	25	9	10	11	12

Отсюда следует, что расчетная точка должна быть удалена от края выемки на расстояние не менее ее глубины, то есть:

$$L \geq (k+m+H) \quad (9)$$

Высота источника шума над поверхностью покрытия для легкового движения принимается равной 0,4 м, для грузового – 1,0 м.

Величину $\Delta L_{Aэз\beta}$ можно определять также по таблице 10.

Таблица 10

Значение величины $\Delta L_{Aэз\beta}$

Разность путей прохождения звука $a+b-c$, м	0,02	0,06	0,14	0,28	0,48	1,4	2,4
Снижение уровня звука $\Delta L_{Aэз\beta}$, дБА	8	10	12	14	16	20	22

б) определяется величина снижения уровня шума в зависимости от положения экрана в плане (рисунок 3) – $\Delta L_{Aэз\alpha 1}$ и $\Delta L_{Aэз\alpha 2}$ по таблице 11.

Для выполнения дальнейших расчетов по экрану вычерчивается в произвольном масштабе принципиальная схема расположения в плане источника шума, экрана и расчетной точки. Затем опускается перпендикуляр из расчетной точки на экран и соединяется расчетная точка с концами экрана. После этого определяются углы α_1 и α_2 между перпендикуляром и линиями, соединяющими концы экрана с расчетной точкой.

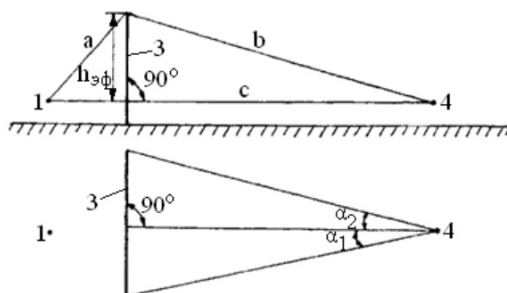


Рис. 3. Расчетная схема для определения уровня:
1 – автомагистраль; 3 – экран; 4 – расчетная точка

Таблица 11

Снижение уровня шума, дБА

Величина	Угол α_1 или α_2 , градусы						
	45	50	55	60	70	80	85
$\Delta L_{A_{\Sigma a}}$							
6	1,2	1,7	2,3	3,0	4,5	5,7	6,0
8	1,7	2,3	3,0	4,0	5,6	7,4	8,0
10	2,2	2,9	3,8	4,8	6,8	9,0	10,0
12	2,4	3,1	4,0	5,1	7,5	10,2	11,7
14	2,6	3,4	4,3	5,4	8,1	11,5	13,3
16	2,8	3,6	4,5	5,7	8,6	12,4	15,0
20	3,2	3,9	4,9	6,1	9,4	13,7	18,7
24	3,5	4,3	5,8	6,5	10,2	15,4	22,6

в) определяется как наименьшая из $\Delta L_{A_{\Sigma a1}}$ и $\Delta L_{A_{\Sigma a2}}$.

По таблице 12 определяется поправка Δ_D , зависящая от величины разности $\Delta L_{A_{\Sigma a1}} - \Delta L_{A_{\Sigma a2}}$.

Таблица 12

Значение величины поправки Δ_D

$\Delta L_{A_{\Sigma a1}} - \Delta L_{A_{\Sigma a2}}$	0	2	4	8	12	16	20
Поправка Δ_D	0	0,8	1,5	2,4	2,8	2,9	3,0

7. При проектировании шумозащитных посадок следует стремиться получить в сечении общего контура форму треугольника с более пологой стороной к источнику шума. В этих целях ряды в широких полосах располагают в следующем порядке: 1 – низкий кустарник; 2 – высокий кустарник; 3 – дополнительные древесные породы (подлесок); 4-7 – ряды основных пород; 8 – дополнительные породы; 9 – высокий кустарник (номер ряда считается от источника шума). Расстояния между растениями следует принимать в соответствии с таблицей 13.

Таблица 13

Расстояния между растениями в шумозащитных посадках

Тип растений	В ряду, м	Между рядами, м
Основная порода	3,0	3,0
Дополнительная порода	2,0	2,0
Высокий кустарник	1,0 – 1,5	1,5
Низкий кустарник	0,5	1,5

При проектировании шумозащитных полос на снегозаносимых участках дороги следует учитывать необходимость соблюдения минимального расстояния между бровкой земляного полотна и краем посадок в соответствии с п. 9.17 СНиПа 2.05.02-85* «Автомобильные дороги (с Изменениями N 2-5)» [4].

При конструировании шумозащитных ограждений следует учитывать эстетические требования, безопасность движения, прочность, устойчивость, технологические условия строительства и эксплуатации.

8. В выводе приводятся основные итоги расчета уровня шума в расчетной точке, рекомендуются способы защиты от транспортного шума, которые следует применить в первую очередь, и к чему приведет достигаемый результат при их внедрении.

Задание.

Рассчитать и оценить эквивалентный уровень шума в различных зонах населенного пункта. Исходные данные представлены в Приложении 1.

2 АКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Акустический расчет выполняется во всех расчетных точках для восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц с точностью до десятых долей дБ. Окончательный результат округляют до целых значений.

Исходными данными для акустического расчета являются:

- геометрические размеры помещения;
- спектр шума источника (или источников) излучения;
- характеристика помещения;
- характеристика преграды;
- расстояние от центра источника (источников) до рабочей точки.

Расчетные точки при акустических расчетах следует выбирать внутри помещений зданий и сооружений, а также на территории на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,2 – 1,5 м от уровня пола рабочей площадки или планировочной отметки территории. При этом внутри помещения, в котором один источник шума или несколько источников шума с одинаковыми октавными уровнями звукового давления, следует выбирать не менее двух расчетных точек: одну на рабочем месте, расположенном в зоне отраженного звука, а другую – на рабочем месте в зоне прямого звука, создаваемого источниками шума.

Если в помещении несколько источников шума, отличающихся друг от друга по октавным уровням звукового давления на рабочих местах более чем на 10 дБ, то в зоне прямого звука следует выбирать две расчетные точки: на рабочих местах у источников с наибольшими и наименьшими уровнями звукового давления L_p в дБ.

В зависимости от того, где находится источник шума и расчетные точки (в свободном звуковом поле или в помещении), применяют различные методики расчета.

1. Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещении с одним источником шума.

Ожидаемые октавные уровни звукового давления L_p , дБ, в расчетных точках на рабочих местах помещения, в котором находится один источник шума, определяются:

а) в зоне прямого и отраженного звука по формуле:

$$L_p = L_W + 10 \cdot \lg \left(\frac{\chi \Phi}{S} + \frac{4\psi}{B} \right) \quad (10)$$

б) в зоне прямого звука по формуле:

$$L_p = L_W + 10 \cdot \lg \left(\frac{\chi \Phi}{S} \right) \quad (11)$$

в) в зоне отраженного звука по формуле:

$$L_W = L_p - 10 \cdot \lg B + 10 \cdot \lg \psi + 6 \quad (12)$$

где L_W – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ; Φ – фактор направленности; χ – эмпирический коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения расстояния между акустическим центром источника и расчетной точкой r , м, к максимальному габаритному размеру источника l_{\max} , м, (рисунок 4); S – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку, м² (для источников шума, у которых $r > 2 l_{\max}$, следует принимать при расположении источников шума: в пространстве $S=4\pi r^2$; на поверхности пола, стены, перекрытия $S=2\pi r^2$; в двухгранном углу, образованном ограждающими поверхностями $S=\pi r^2$; в трехгранном углу, образованном ограждающими поверхностями $S=\pi r^2/2$); B – постоянная помещения м²; ψ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый в зависимости от отношения постоянной помещения B к площади ограждающих поверхностей $S_{\text{огр}}$, которая определяется с учетом суммы площадей пола, потолка и стен помещения по графику (рисунок 5).

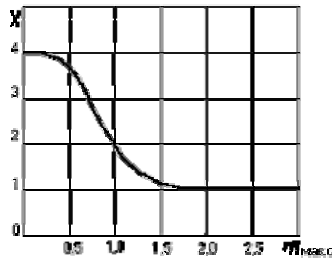


Рис. 4. Зависимость эмпирического коэффициента χ от отношения $r/l_{\text{макс}}$

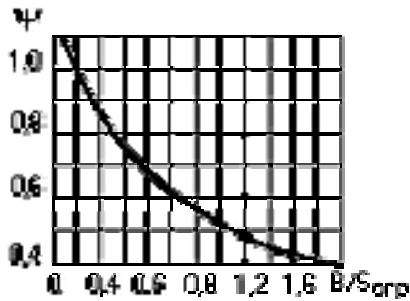


Рис. 5. Коэффициент нарушения диффузности звукового поля Φ

$$\Phi(\varphi) = \frac{I(\varphi)}{I_{\text{ср}}} = \frac{p^2(\varphi)}{p_{\text{ср}}^2} \quad (13)$$

где $p_{\text{ср}}$ – звуковое давление (усредненное по всем направлениям на постоянном расстоянии от источника); $p(\varphi)$ – звуковое давление в угловом направлении φ , измеренное на том же расстоянии от источника.

$$B = B_{1000} \cdot \mu \quad (14)$$

где μ – частотный множитель, определяемый по таблице 14; B_{1000} – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, которая рассчитывается в зависимости от объема V (м^3) и типа помещения как:

$\cdot V/20$ – для помещений без мебели с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цехи, машинные залы, испытательные стенды и т.д.);

· $V/10$ – для помещений с жесткой мебелью или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, кабинеты и т.д.);

· $V/6$ – для помещений с большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения административных зданий, жилые комнаты и т.п.);

· $V/1,5$ – для помещений с звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен.

Таблица 14

Частотный множитель μ

Объем помещения, м ³	Среднегеометрическая частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V \ll 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5
$V = 200 \div 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2,4	4,2
$V \gg 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0

Примечание: акустический центр источника шума, расположенного на полу или стене, следует принимать совпадающим с проекцией геометрического центра источника шума на горизонтальную или вертикальную плоскость.

2. Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления в помещениях с несколькими источниками шума.

Октавные уровни звукового давления L_p , дБ, в расчетных точках помещений, в которых находится несколько источников шума, рассчитываются:

а) в зоне прямого и отраженного звука

$$L_p = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{10^{0,1 \cdot L_{w_i}} \cdot \chi_i \Phi_i}{S_i} + \frac{4\psi}{B} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{w_i}} \right) \quad (15)$$

где m – количество источников шума, ближайших к расчетной точке (то есть источников шума, для которых $r_i \leq 5 r_{\min}$, где r_{\min} – расстояние, м, от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума); n – общее количество источников шума в помещении с учетом среднего коэффициента одновременности работы оборудования.

Если все источники шума имеют одинаковую звуковую мощность и $L_{W_i} = L_W$, то без учета фактора направленности и искажения диффузности акустического поля в помещении упрощенно можно считать

$$L_p = L_W + 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi r_i^2} + \frac{4n}{B} \right) \quad (16)$$

б) в зоне отраженного звука

$$L_p = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{W_i}} - 10 \cdot \lg B + 10 \cdot \lg \psi + 6 \quad (17)$$

в) изолированном от источников шума

$$L_p = L_{W_{\Sigma}} - 10 \cdot \lg B_{iu} + 10 \cdot \lg S_{\text{опрк}} - 10 \cdot \lg B_u - R_k + 10 \cdot \lg m + 6 \quad (18)$$

где B_{iu} и B_u – соответственно постоянные шумного и изолируемого помещений; R_k – звукоизоляция однотипных ограждающих конструкций, через которые шум проникает в изолируемое помещение, дБ; m – число однотипных ограждающих конструкций; $S_{\text{опрк}}$ – общая площадь однотипных ограждающих изолируемое помещение конструкций, м² (например, общая площадь глухой части стены, суммарная площадь окон и так далее).

Суммарный уровень звуковой мощности, излучаемой несколькими источниками, находящимися в шумном помещении, находится по формуле:

$$L_{W_{\Sigma}} = 10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{W_i}} \quad (19)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – количество источников. При наличии одного источника в шумном помещении $L_{W_{\Sigma}} = L_W$.

Расчет ожидаемых октавных уровней звукового давления при распространении звука в свободном пространстве. Октавные уровни звукового давления L_p , дБ, в расчетных точках, если источник шума и расчетные точки расположены на территории жилой застройки или на площадке предприятия, следует определять по формуле:

$$L_p = L_W + 10 \cdot \lg \Phi - 10 \cdot \lg \Omega - 20 \cdot \lg r - \frac{\beta r}{1000} \quad (20)$$

где r – расстояние от источника шума до расчетной точки, м; β – коэффициент поглощения звука в воздухе при 20 °С и относительной влажности 60 % в дБ/м (таблица 15); при $r < 50$ м поглощение в воздухе не учитывается); Ω – пространственный угол излучения звука (для источника, находящегося в свободном пространстве равен 4π ; для источников расположенных на поверхности территории или ограждающих конструкций зданий - 2π ; в двугранном угле, образованном названными поверхностями – π ; в трехгранном угле - $\pi/2$).

Таблица 15

Коэффициент поглощения звука в воздухе β

$f, \text{Гц}$	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\beta, \text{дБ/м}$	0,3	1,1	2,8	5,2	9,6	25	83

3. Расчет требуемого снижения уровней звукового давления.

Уровни звукового давления в расчетных точках не должны превосходить уровней, допустимых по нормам во всех октавных полосах со средними геометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Требуемое снижение уровней звукового давления определяется по формуле

$$\Delta L_{ri,pt} = L_{ri} - L_{ri,\text{доп}}, \text{ дБ} \quad (21)$$

где L_{ri} - уровень звукового давления в i -ой октавной полосе, определяемый в расчетных точках проектируемого предприятия; $L_{ri,\text{доп}}$ – уровень звукового давления в той же полосе частот согласно допустимым нормам, определяемый в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» [3].

Задание.

Выполнить акустический расчет в расчетной точке, расположенной на рабочем месте в производственном помещении с несколькими источниками шума.

Характеристика помещения, количество источников и расстояния от акустического центра источников до расчетной точки приведены в Приложении 2 в таблице 2.1.

Спектр шума, создаваемого источниками и номера источников шума заданы в Приложении 2 таблице 2.2.

При расчете источники шума считать точечными, фактор направленности излучения шума и искажение диффузности звукового поля не учитывать ($\Phi=1, \psi=1$).

Результаты акустического расчета свести в таблицу, форма которой представлена в таблице 18.

Таблица 18

Результаты акустического расчета (вариант №...)

Исходные данные и результаты расчета	Октавные полосы со среднегеометрическими частотами f , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_w , дБ, источника шума 1, $r_1=...$ м
L_w источника шума 2, $r_2=...$ м
L_w , дБ, источника шума 3, $r_3=...$ м
L_w , дБ, источника шума 4, $r_4=...$ м
Постоянная помещения B , m^2
Ожидаемый уровень звукового давления в расчетной точке L_p , дБ
Допустимый уровень звукового давления на рабочем месте $L_{p \text{ доп}}$, дБ
Требуемое снижение шума ΔL , дБ
Предлагаемые акустические мероприятия (если нужно)	...							

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1.1

Исходные данные

Вариант	Скорость потока, км/ч	Число полос движения (ширина раздельной проезжей части)	K, %	Продольный уклон, ‰	Вид покрытия	L, м	R, м	Тип поверхности	Характер территории
1	30	2	5	2	литой и песчаный асфальтобетон	25	10	вспаханная	селитебные зоны населенных мест
2	40	4 (5)	10	5	мелкозернистый асфальтобетон	50	15	асфальто-бетон	промышленные территории
3	50	6 (5)	8	10	черный щебень	75	20	зеленый газон	зоны массового отдыха и туризма
4	60	4 (2)	13	20	цементобетон	100	30	снег рыхлый	санаторно- курортные зоны
5	70	6 (2)	15	40	мостовая	150	10	цементо-бетон	территории с/х назначения
6	30	6 (5)	40	60	литой и песчаный асфальтобетон	250	10	лед	территории запаведников и заказников
7	40	4 (2)	49	80	мелкозернистый асфальтобетон	300	15	вспаханная	селитебные зоны населенных мест
8	50	6 (2)	55	100	черный щебень	400	20	асфальто-бетон	промышленные территории

Продолжение таблицы 1.1

Вариант	Скорость потока, км/ч	Число полос движения (ширина разделительной полосы)	K, %	Продольный уклон, %	Вид покрытия	L, м	R, м	Тип поверхности	Характер территории
9	60	2	67	3	цементобетон	500	20	зеленый газон	зоны массового отдыха и туризма
10	70	4 (5)	85	4	мостовая	625	30	снег рахлый	санаторно- курортные зоны
11	30	6 (2)	37	15	литой и песчаный асфальтобетон	750	30	цементобетон	территории с/х назначения
12	40	6 (5)	51	18	мелкозернистый асфальтобетон	875	10	лед	территории запаведников и заказников
13	50	4 (2)	68	40	черный щебень	1000	15	вспаханная	селитебные зоны населенных мест
14	60	6 (2)	74	80	цементобетон	25	20	асфальтобетон	промышленные территории
15	70	2	6	60	мостовая	50	30	зеленый газон	зоны массового отдыха и туризма
16	30	4 (5)	15	100	литой и песчаный асфальтобетон	75	10	снег рахлый	санаторно- курортные зоны
17	40	2	20	11	мелкозернистый асфальтобетон	100	10	цементобетон	территории с/х назначения

Окончание таблицы 1.1

Вариант	Скорость потока, км/ч	Число полос движения (ширина разделительной полосы)	K, %	Продольный уклон, %	Вид покрытия	L, м	R, м	Тип поверхности	Характер территории
18	50	4 (5)	35	19	черный щебень	150	15	лед	территории запавдников и заказников
19	60	6 (5)	83	40	цементобетон	250	20	вспаханная	селитебные зоны населенных мест
20	70	4 (2)	8	6	мостовая	300	30	асфальто-бетон	промышленные территории
21	30	6 (2)	11	100	литой и песчаный асфальтобетон	400	10	зеленый газон	зоны массового отдыха и туризма
22	40	6 (5)	29	80	мелкозернистый асфальтобетон	500	10	снег рыхлый	санаторно-курортные зоны
23	50	2	44	60	черный щебень	625	15	цементо-бетон	территории с/х назначения

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 2.1

Исходные данные

Номер варианта	Производственное помещение	Размеры помещения			Количество источников шума	Источники шума	Расстояние от центра i -го источника до расчетной точки			
		Длина a , м	Ширина b , м	Высота c , м			r_1 , м	r_2 , м	r_3 , м	r_4 , м
1	Цех механической обработки деталей	20	5	5	3	3, 4, 1	1	5	4	-
2	Штамповочный цех	25	6	5	3	1, 1, 2	2	5	7	-
3	Мастерская	15	5	3	3	3, 4, 2	4	3	5	-
4	Конструкторское бюро	10	5	3	4	5, 6, 8, 9	0,7	2	3	3
5	Комната программистов	5	3	3	4	5, 6, 8, 8	3	0,8	1	3
6	Экспериментальная лаборатория	4	5	4	3	5, 6, 8	3	5	3	-
7	Комната менеджеров	5	5	3	4	5, 6, 7, 8	4	1	3	3
8	Бухгалтерия	5	6	4	4	5, 6, 7, 8	3	5	4	2
9	Научно-исследовательская лаборатория	4	3	3	3	5, 6, 8	3	1	3	-
10	Читальный зал библиотеки	6	8	3	4	5, 6, 5, 6	5	3	6	3
11	Учебная лаборатория	13	10	4	3	6, 6, 8	4	4	3	-
12	Учебная аудитория	10	7	3	4	6, 6, 7, 8	5	4	4	4
13	Учебная мастерская	12	12	4	4	3, 4, 1, 2	5	4	4	5
14	Цех механической обработки деталей	10	10	5	4	3, 1, 4, 1	4	4	1	1
15	Штамповочный цех	15	10	3	4	1, 1, 1, 1	5	7	7	1
16	Мастерская	15	7	4	4	3, 4, 4, 2	6	4	5	2
17	Конструкторское бюро	10	10	4	3	6, 8, 9	2	4	5	-
18	Комната программистов	7	5	3	3	5, 6, 8, 8	3	2	1,5	-
19	Экспериментальная лаборатория	25	10	6	4	6, 6, 6, 8	10	11	9	8
20	Комната менеджеров	7	7	4	3	5, 8, 7	3	1	2	-
21	Бухгалтерия	5	7	4	4	6, 8, 7, 7	4	4	2	2
22	Научно-исследовательская лаборатория	9	8	4	4	5, 6, 8, 7	4	4	3	3
23	Читальный зал библиотеки	9	5	3	4	6, 5, 6, 5	4	3	1,5	1

Таблица 2.2

Октавные уровни звуковой мощности L_w источников шума

Источники шума	Октавные полосы со среднегеометрическими частотами f , Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. штамповочный автомат АТ60	98	102	102	105	101	99	92	92
2. пресс К222	106	103	102	101	102	102	98	89
3. токарный станок 1К36	96	94	95	98	93	90	90	86
4. токарный станок 1А62	84	87	90	92	91	87	82	80
5. ПЭВМ Compaq	40	59	42	42	43	41	39	36
6. ПЭВМ Samsung	39	61	40	40	42	43	38	35
7. ксерокс Xerox 5310	57	68	71	70	67	76	54	45
8. принтер DeskJet 820	54	60	69	68	65	71	53	40
9. плоттер HP 10PS	51	67	51	50	61	70	65	50

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

а) основная литература

1. *Зарубина Л.П.* Защита зданий, сооружений и конструкций от огня и шума. Материалы, технологии, инструменты и оборудование. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 336с.

2. *Иванов Н.И.* Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. - М:Логос, 2010. - 424с.

б) дополнительная литература

3. ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»

4. СНиП 2.05.02-85* «Автомобильные дороги (с Изменениями N 2-5)»

5. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Расчет и оценка шумового воздействия транспорта.....	4
2. Акустический расчет.....	16
Приложение 1.....	23
Приложение 2.....	26
Рекомендуемый библиографический список.....	28

ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к расчетно-графическим работам
для студентов бакалавриата направления 13.03.02*

Сост. *Т.А. Лытаева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
геоэкологии

Ответственный за выпуск *Т.А. Лытаева*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 30.06.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,6. Усл.кр.-отт. 1,6. Уч.-изд.л. 1,4. Тираж 50 экз. Заказ 448.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2