



З.Г. Резинских

**РАСЧЕТ, НОРМИРОВАНИЕ  
И КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ И СБРОСОВ  
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**  
(часть 2)

Екатеринбург  
2012

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физико-химической технологии защиты биосферы

З.Г. Резинских

**РАСЧЕТ, НОРМИРОВАНИЕ  
И КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ И СБРОСОВ  
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**  
(часть 2)

Методические указания для студентов (для практических занятий, курсового и дипломного проектирования) очной и заочной форм обучения.  
Для направлений подготовки бакалавров 241000.62 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и 280700.62 «Техносферная безопасность», специальности 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, 280202 «Инженерная защита окружающей среды»

Екатеринбург  
2012

Печатается по рекомендации методической комиссии кафедры ФХТЗБ.  
Протокол № 1 от 20.09.2011 г.

Рецензент – главный специалист-эксперт Департамента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Уральскому округу  
Н. В. Зайцева

Редактор К.В. Корнева  
Компьютерная верстка Е.В. Карпова

---

Подписано в печать 27.03.2012	Поз. № 74	
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 100 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,63	Цена 9 руб. 4 коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Расчет и оценка токсичных выбросов в атмосферу при эксплуатации автомобилей.....	4
2. Расчет и оценка поверхностного стока с автомобильной дороги....	7
3. Расчет и оценка уровня загрязнения почв вдоль автодорог.....	11
4. Расчет и оценка шумового воздействия транспорта.....	13
5. Контрольные задания.....	22
Библиографический список.....	28

## 1. РАСЧЕТ И ОЦЕНКА ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Основными токсичными компонентами отработавших газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автотранспорта являются оксиды углерода, азота и углеводороды. Оценку уровня загрязнения воздушной среды отработавшими газами следует производить на основе расчета. Методика расчета включает поэтапное определение эмиссии (выбросов) отработавших газов и концентрации загрязнения воздуха этими газами на различном удалении от дороги, а затем сравнение полученных данных с ПДК данных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов. При расчете выбросов учитываются различные типы автотранспортных средств и конкретные дорожные условия [1].

Расчет выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют мощность эмиссии  $q_i$  (мг/м·с) загрязняющих веществ отдельно для каждого компонента (оксида углерода (II), оксидов азота, углеводородов) на конкретном участке дороги по формуле:

$$q_i = 0,206m \left[ \left( \sum_1^i G_{ик} N_{ик} K_K \right) + \left( \sum_1^i G_{ид} N_{ид} K_D \right) \right], \quad (1.1)$$

где  $m$  – коэффициент, учитывающий дорожные и транспортные условия, принимается по рис. 1.1 в зависимости от средней скорости транспортного потока  $V$  (км/ч);

$G_{ик}, G_{ид}$  – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа карбюраторных и дизельных автомобилей соответственно, л/км. Принимается по табл. 1.1.

$N_{ик}, N_{ид}$  – интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных и дизельных автомобилей соответственно, авт./час;

$K_K, K_D$  – коэффициенты, принимаемые для данного компонента загрязнения с карбюраторными и дизельными типами ДВС соответственно. Принимается по табл. 1.2.

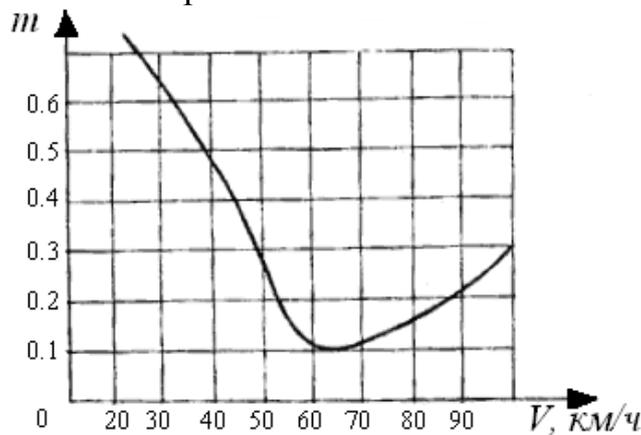


Рис. 1.1. Зависимость коэффициента  $m$  от средней скорости транспортного потока  $V$  [1]

Таблица 1.1

Средние эксплуатационные нормы расхода топлива

Тип автомобиля	$G_i$ , л/км
Легковые автомобили	0,11
Малые грузовые автомобили карбюраторные (до 5 тонн)	0,16
Грузовые автомобили карбюраторные (5 тонн и более)	0,33
Грузовые автомобили дизельные	0,34
Автобусы карбюраторные	0,37
Автобусы дизельные	0,28

Таблица 1.2

Значения коэффициентов  $K_K$  и  $K_D$

Вид выбросов	Тип ДВС	
	Карбюраторный	Дизельный
Окись углерода	0,6	0,14
Углеводороды	0,12	0,037
Оксиды азота	0,06	0,015

2. Рассчитывают концентрации  $C_j$  (мг/м<sup>3</sup>), загрязнение атмосферного воздуха токсичными компонентами отработавших газов на различном удалении от дороги, используя модель Гауссова распределения примесей в атмосфере на небольших высотах, по формуле:

$$C_j = \frac{2q_j}{\sqrt{2\pi\sigma v_B} \sin \varphi} + F_j, \quad (1.2)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение Гауссова рассеивания в вертикальном направлении (табл. 1.3), м;

$v_B$  – скорость ветра, преобладающего в расчетный период, м/с;

$\varphi$  – угол, составляемый направлением ветра к трассе дороги, при  $\varphi \leq 30^\circ$  принять  $\sin \varphi = 0,5$ ;

$F_j$  – фоновая концентрация загрязнения воздуха, мг/м<sup>3</sup>.

Таблица 1.3

Значение стандартного Гауссова отклонения в зависимости от расстояния до кромки проезжей части и состояния погоды

Состояние погоды	Величина $\sigma$ при удалении $l$ (м) от кромки проезжей части								
	10	20	40	60	80	100	150	200	250
Солнечная	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Дождливая	1	2	4	6	8	10	14	18	22

3. Результаты расчета по формуле (1.2) сопоставляют с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными для токсичных составляющих отработавших газов тепловых двигателей в воздухе населенных мест, которые приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

ПДК токсичных составляющих отработавших газов  
в воздухе населенных мест

Вид вещества	Класс опасности	ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Окись углерода	4	3,0
Углеводороды	3	1,5
Оксиды азота	2	0,04

4. По полученным данным строятся графики загрязнения придорожной зоны токсичными компонентами отработавших газов.

Значения ПДК<sub>СС</sub> сопоставляются с полученными в расчете концентрациями каждого компонента загрязняющих веществ на различных расстояниях *l* в поперечном направлении и в зоне жилой застройки. Такое сопоставление лучше всего проводить по графикам загрязнения придорожной зоны токсичными компонентами отработавших газов. С помощью этих графиков следует определить концентрации загрязняющих веществ над кромкой дороги и в начале зоны жилой застройки. В случае превышения ПДК<sub>СС</sub> необходимо предложить мероприятия по нормализации концентраций загрязняющих веществ в жилой зоне.

5. При необходимости уменьшения ширины распространения загрязняющих веществ необходимо предусматривать защитные зеленые насаждения, экраны, валы и др. Снижение концентрации загрязняющих веществ за защитными сооружениями приведено в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Снижение концентрации загрязняющих веществ  
различными мероприятиями

Мероприятия	Снижение концентрации загрязняющих веществ, %
Один ряд деревьев с кустарником высотой до 1,5 м на полосе газона 3-4 м	10
Два ряда деревьев без кустарника на газоне 8-10 м	15
Два ряда деревьев с кустарником на газоне 10-12 м	30
Три ряда деревьев с двумя рядами кустарника на полосе газона 15-20 м	40
Четыре ряда деревьев с кустарником высотой 1,5 м на полосе газона 25-30 м	50
Сплошные экраны, стены зданий высотой более 5 м от уровня проезжей части	70
Земляные насыпи, откосы при проложении дороги в выемке при разности отметок (м):	
2-3	50
3-5	60
более 5	70

Инженерные решения по результатам расчета, направленные на снижение концентрации токсичных компонентов отработавших газов в зоне влияния дороги, следует осуществлять на основе технико-экономического сравнения следующих вариантов защитных мероприятий:

- изменение параметров дороги, направленное на повышение средней скорости транспортного потока (эффективность мероприятия составляет 30-60 %);
- ограничение движения отдельных типов автомобилей полностью или в отдельные интервалы времени (эффективность мероприятия составляет 30-40 %);
- усиление контроля за движением автомобилей с неотрегулированными ДВС в целях минимизации токсичных выбросов (эффективность мероприятия составляет порядка 35 %);
- применение неэтилированного бензина и каталитического дожигания выхлопных газов карбюраторных ДВС (эффективность мероприятия составляет 50 %);
- устройство защитных сооружений.

Главным критерием при таком сравнении служит степень уменьшения концентрации загрязняющих веществ в расчетных точках при минимально возможной площади отвода земель под защитные сооружения и наименьших приведенных затратах на обустройство 1 км дороги, достигнутое без снижения ее пропускной способности. Наиболее эффективными, с позиций экологии, но требующими значительных капиталовложений на реконструкцию дорожной сети, являются первый и пятый варианты защитных мероприятий. Второй и третий варианты относятся к организационным мероприятиям, не требуют больших затрат, но дают значительно меньший экологический эффект. Реализация второго варианта ведет к преднамеренному снижению интенсивности движения по сравнению с проектной. Внедрение четвертого варианта по всей территории РФ будет возможно лишь после внедрения новых стандартов на автомобильные бензины, поэтому защитные мероприятия следует применять в комплексе и с учетом специфики местных условий.

6. В выводе приводятся основные результаты по расчету токсичных выбросов в атмосферу автотранспортом и указываются защитные экономически и экологически целесообразные природоохранные мероприятия, осуществить которые следует в первую очередь, и какой при этом будет эффект.

## **2. РАСЧЕТ И ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

Оседающие на покрытии автомобильных дорог пыль, продукты износа покрытий, шин и тормозных колодок, выбросы от работы ДВС автомобилей, материалы, используемые для борьбы с гололедом, и т.д. при-

водят (при смыве дождевыми и талыми водами) к насыщению вод поверхностного стока различными загрязняющими веществами, которые затем могут попасть в водотоки и водоемы.

Оценку загрязнения поверхностного стока (сброса) с автомобильных дорог и определение необходимости его очистки следует производить расчетом. Он выполняется в следующей последовательности:

1. Определяют расход дождевых вод (л/с), согласно СНиП 2.04.03-85 [2], по формуле:

$$Q_c^g = g_{yd}FK, \quad (2.1)$$

где  $g_{yd}$  – удельный расход дождевых вод, л/(с·га), для Свердловской области при времени поверхностной концентрации 5 мин  $g_{yd} = 4$  л/(с га);

$F$  – площадь участка автодороги (моста), равная произведению длины участка на ширину части дороги, с которой вода будет поступать в водоток, или на расстояние в свету между перилами мостов (но не более 5 га), га;

$K$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода воды в зависимости от среднего продольного уклона участка дороги или моста и принимаемый по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Значения коэффициента  $K$

в зависимости от среднего продольного уклона дороги  $i$

$i, \%$	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
$K$	0,56	0,8	0,87	0,94	1,0	1,05	1,18	1,35

$i, \%$	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0
$K$	1,48	1,59	1,69	1,77	1,85	1,92	1,99	2,12

2. Рассчитывают расход талых вод  $Q_c^T$  (л/с), по формуле:

$$Q_c^T = 0,5F h_c K_c, \quad (2.2)$$

где  $F$  – площадь участка автодороги, га;

$h_c$  – слой стока за 10 дневных часов, мм, для Свердловской области  $h_c = 20$  мм;

$K_c$  – коэффициент, учитывающий окучивание снега.  $K_c = 0,8$ .

3. Определяют величину фактического сброса (ФС), г/ч, загрязняющих веществ с поверхностными сточными водами по каждому ингредиенту (взвешенные вещества, свинец, нефтепродукты) загрязнения по формуле:

$$ФС = 3600C_{ЗВ} Q_{\max}, \quad (2.3)$$

где  $C_{ЗВ}$  – фактическая концентрация загрязняющих веществ (мг/л) в поверхностном стоке по каждому ингредиенту загрязнений, согласно табл. 2.2;

$Q_{\max}$  – расчетный расход поверхностных сточных вод (принимают наибольший из рассчитанных выше расходов дождевых и талых вод), л/с.

Таблица 2.2

Концентрации загрязнений в поверхностном стоке  
( $C_{ЗВ}$ , мг/л), с покрытий автодорог

Категория автодороги j	Дождевые воды			Талые воды		
	Взвешенные вещества	Свинец	Нефтепродукты	Взвешенные вещества	Свинец	Нефтепродукты
I	1300	0,28	24	2700	0,3	26
II	1040	0,22	19,2	2160	0,24	20,8
III	780	0,17	14,4	1620	0,18	15,6
IV	520	0,11	9,6	1080	0,12	10,4
V	390	0,08	7,2	810	0,09	7,8

4. Определяют коэффициент турбулентной диффузии  $D$  при заданной  $v_n$  по формуле:

$$D = \frac{v_n h}{200}, \quad (2.4)$$

где  $v_n$  – средняя скорость потока в русле, м/с,  
 $h$  – глубина в русле водотока, м.

5. Рассчитывают коэффициент  $\alpha$ , учитывающий влияние гидравлических факторов смешения, принимая  $Q_{\max} = Q_c$  (л/с) по формуле:

$$\alpha = f \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{\max}}}, \quad (2.5)$$

где  $f$  – коэффициент извилистости реки.

6. Определяют коэффициент смешения сточных вод с водой водотока  $\gamma$  по формуле Фролова–Родзиллера:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} \beta}, \quad (2.6)$$

где  $Q_{\min}$  – среднемесячный (минимальный) расход воды в водотоке 95 % обеспеченности, л/с;

$Q_{\max} = Q_c$  – максимальный расход сточных вод, л/с.

Величина  $\beta$  определяется по формуле:

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = \frac{1}{2,72 \alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (2.7)$$

где  $L$  – расстояние от места выпуска сточных вод до контрольного створа по течению реки, м.

7. Определяют предельно допустимое содержание (концентрацию) загрязняющего вещества в поверхностном стоке с учетом смешения его с водами водотока, мг/л, по формуле Фролова–Родзиллера:

$$C_{\text{прд}} = \frac{\gamma Q_{\min}}{Q_c} (C_{\text{пдж}} - C_{\phi}) + C_{\text{пдж}}, \quad (2.8)$$

где  $C_{ПДК}$  – предельно допустимая концентрация (ПДК) данного загрязняющего вещества в водотоке, мг/л, принимают согласно табл. 2.3;

$C_{\phi}$  – фоновая концентрация данного загрязняющего вещества в водотоке, мг/л (для взвешенных веществ – 15 мг/л; для нефтепродуктов – 0 мг/л, для свинца – 0,05 мг/л).

Таблица 2.3

ПДК загрязняющих веществ в воде водных объектов  
рыбохозяйственного назначения

Наименование вещества	$C_{ПДК}$ , мг/л
Взвешенные вещества	$C_{\phi} + C_{ПДК}$
Нефтепродукты	0,05
Свинец	0,1

8. Определяют величину нормативно допустимого сброса ( $НДС$ , г/ч) загрязняющих веществ по каждому ингредиенту загрязнения по формуле:

$$НДС = 3600 Q_c C_{ПРД} \quad (2.9)$$

9. Полученные величины  $НДС$  и  $\Phi C$  по каждому ингредиенту загрязнения изображают в виде гистограммы и анализируют результаты расчетов.

Если  $\Phi C \leq НДС$ , то может быть допущен сброс поверхностных сточных вод с автодороги без очистки непосредственно в водоток. В этом случае при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов применяют обычные схемы водоотвода в соответствии с действующими нормами на проектирование и типовыми решениями.

Если  $\Phi C > НДС$ , сброс поверхностных сточных вод без очистки не допускается. В данном случае следует применять схемы поверхностного водоотвода с покрытия автомобильных дорог и мостов, обеспечивающие сбор вод поверхностного стока и направляющие их на очистные сооружения, обеспечивающие на выходе концентрацию ЗВ, не превышающую  $C_{ПДК}$ . Допускается применение индивидуальных очистных сооружений, например камерных и тонкослойных отстойников, нефтеловушек.

Сброс дождевых и талых вод с поверхности автомобильных дорог за пределами водоохранных зон и населенных пунктов производится кюветами, лотками, по откосам на рельеф без дополнительной очистки, но со скоростями меньше размывающих для грунтов в месте выпуска воды.

В проектах автомобильных дорог и мостов не следует предусматривать устройство мойки автомобилей в пределах водоохранной зоны водотока и водоемов.

10. В выводе приводятся результаты расчета токсичных сбросов в поверхностный сток при эксплуатации автомобилей и принятие решения о целесообразности или нецелесообразности очистки сточных вод с автодороги.

### 3. РАСЧЕТ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ВДОЛЬ АВТОДОРОГ

При работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей образуются «условно твердые» выбросы, состоящие из аэрозольных и пылевидных частиц. В наибольших количествах выбрасываются соединения свинца и сажа. При интенсивности движения более 40 тыс. авт/сут существенными становятся выбросы кадмия и цинка. Наибольшую опасность для биосферы представляет накопление в почве соединений свинца, что обусловлено высокой доступностью его растениям и переходом по звеньям пищевой цепи в животных, птиц и человека. Выбросы соединений свинца происходят при работе ДВС автомобилей на этилированном бензине (в бензине марок А-76 и АИ-93 содержится, соответственно, 0,17 г/кг и 0,37 г/кг соединений свинца). Около 20 % общего количества свинца разносится с отработавшими газами в виде аэрозолей, а 80 % выпадает в виде твердых частиц размером до 25 мкм и водорастворимых соединений на поверхности прилегающих к дороге земель. Они накапливаются в почве на глубине пахотного слоя или фильтрации воды атмосферных осадков вдоль автодорог.

Оценку загрязнения придорожных земель выбросами свинца и выбор защитных мероприятий по уменьшению ширины их распространения следует вести на основе расчета уровня загрязнения поверхностного слоя почвы (УЗП) по методике [1].

Расчет выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют мощность эмиссии свинца  $P_{\Sigma}$  (мг/м·сут) при среднесуточной интенсивности движения за расчетный период по формуле:

$$P_{\Sigma} = K_n m_p K_T K_0 (\sum G_i P_i N_i) \quad (3.1)$$

где  $K_n$  – коэффициент пересчета единиц измерения,  $K_n = 0,74$ ;

$m_p$  – коэффициент, учитывающий дорожные условия, определяется по рис. 3.1, в зависимости от средней скорости движения автотранспорта  $V$  (км/ч);

$K_T$  – коэффициент, учитывающий долю выбрасываемого свинца в виде твердых частиц в общем объеме выбросов;

$K_0$  – коэффициент, учитывающий оседание свинца в системе выпуска отработавших газов автомобиля,  $K_0 = 0,8$ ;

$G_i$  – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа автомобиля, л/км (табл. 3.1);

$N_i$  – среднесуточная интенсивность движения автомобилей данного типа, авт/сут;

$P_i$  – содержание добавки свинца в топливе, применяемом в автомобиле данного типа, г/кг.

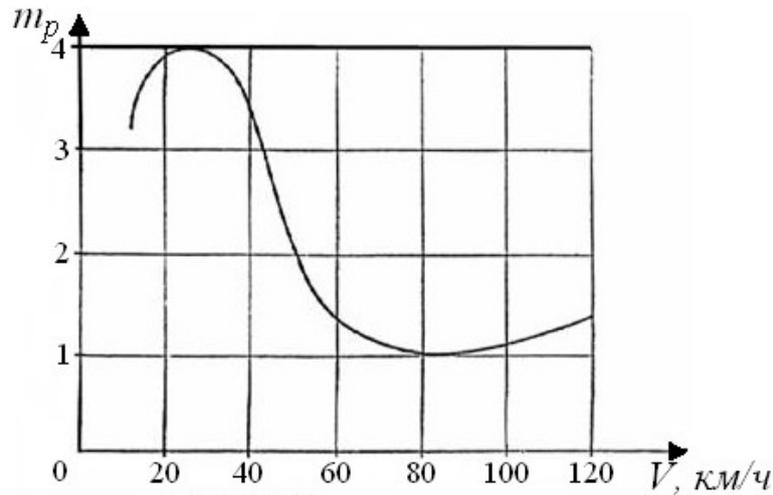


Рис. 3.1. Зависимость коэффициента  $m_p$  от средней скорости транспортного потока  $V$  [1]

Таблица 3.1

Средние эксплуатационные нормы расхода топлива

Тип автомобиля	$G_i$ , л/км
Легковые автомобили	0,11
Малые грузовые автомобили карбюраторные (до 5 тонн)	0,16
Грузовые автомобили карбюраторные (5 тонн и более)	0,33
Грузовые автомобили дизельные	0,34
Автобусы карбюраторные	0,37
Автобусы дизельные	0,28

2. Рассчитывают величину отложения свинца на поверхности земли  $P_n$  (мг/м<sup>2</sup>), по формуле:

$$P_n = (0,4K_l\varphi T_p P_3) + F, \quad (3.2)$$

где  $K_l$  – коэффициент, учитывающий расстояние  $l$  (м) от края проезжей части, принимается по табл. 3.2;

$\varphi$  – коэффициент, зависящий от силы и направления ветра, принимается равным отношению площади розы ветров со стороны дороги, противоположной рассматриваемой зоне, к общей ее площади,  $\varphi = 0,7$ ;

$T_p$  – расчетный срок эксплуатации автодороги, сут;

$F$  – фоновое загрязнение поверхности земли, мг/м<sup>2</sup>.

Таблица 3.2

Величина  $K_l$  от расстояния  $l$  до края проезжей части

$l$ , м	10	20	30	40	50	60	80	100	150	200
$K_l$	0,50	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,001	0,0002

3. Уровень загрязнения поверхностного слоя почвы свинцом на различном расстоянии от края проезжей части автодороги:

$$P_c = \frac{P_n}{hp}, \quad (3.3)$$

где  $h$  – толщина почвенного слоя, в котором распределяются выбросы свинца, м, на пахотных землях  $h = 0,2$  м, на остальных видах угодий (в том числе и на целине)  $h = 0,1$  м;

$p$  – плотность почвы, кг/м<sup>3</sup>,  $p=1600$  кг/м<sup>3</sup>.

4. Полученные расчетные значения величины  $P_c$  и их изменение от расстояния до края проезжей части  $l$  необходимо представить графически и сопоставить с ПДК свинца в почве по общесанитарному показателю, равному 32 мг/кг. С помощью построенного графика определяют ширину полосы от кромки проезжей части автодороги, в которой превышает ПДК и оценивают влияние автодороги на этот экологический показатель. Если ширина полосы опасного уровня загрязнения поверхностного слоя почвы пересекает границу сельхозугодий, то следует предусмотреть защитные мероприятия, аналогичные с рассмотренными в задаче 1, п. 5.

5. В выводе приводятся результаты расчета и оценки УЗП свинцом как для случая реконструкции автодороги, так и в случае отказа от нее. При реконструкции автодороги студент дает перечень защитных мероприятий, обеспечивающих безопасный УЗП свинцом.

#### **4. 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 селитебных 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 данного задания начинается с изображения расчетной схемы взаимного расположения транспортных магистралей, полос зеленых насаждений, экранирующих сооружений и расчетной точки, выполненной в произвольном масштабе (рис. 4.1).

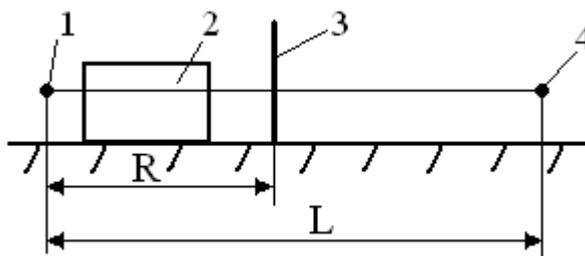


Рис. 4.1. Расчетная схема [3] :

1 – автомобильная магистраль; 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 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:

$$L_p = 101g \left( \frac{P}{P_0} \right), \quad (4.1)$$

где  $P$  – интенсивность действующего звука (шума), Вт/м<sup>2</sup>;

$P_0$  – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте звука 1000 Гц; принимается равной 10-12 Вт/м<sup>2</sup>.

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

Оценку производственного шума в соответствии со СНиПом II-12-77 проводят по величине эквивалентного уровня измерением в дБА, что позволяет учесть неоднородность интенсивности шума во времени.

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

- Транспортные факторы:

- количество транспортных средств (интенсивность движения);
- состав движения;
- эксплуатационное состояние транспортных средств;
- объем и характер груза;
- применение звуковых сигналов.

- 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.

- 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  $L_{ТПП}$  (дБ) допускается проводить по приближенной формуле:

$$L_{ТПП} = 50 + 8,81gN + F,$$

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  $N_{ПП}$  (авт/ч), одной полосы движения транспортной магистрали определяют по формуле [3]:

$$N_{ПП} = \frac{1000V}{8 + 0,18V + \frac{V^2}{225 - 1,09V}}, \quad (4.3)$$

где  $N_{ПП}$  – 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:

$$N = \frac{N_{ПП}K_n}{1 + 1,8K}, \quad (4.4)$$

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:

$$L_{ЭКВ} = L_{ТПП} + \Delta L_V + \Delta L_i + \Delta L_d + \Delta L_k + \Delta L_{ДИЗ} + \Delta L_L K_p + F, \quad (4.5)$$

где  $\Delta L_V$  – поправка на скорость движения  $L_{ТПП} + \Delta L_V$ , определяется по табл. 4.1;

$\Delta L_i$  – поправка на продольный уклон, принимается по табл. 4.2;

$\Delta L_d$  – поправка на вид покрытия, принимается по табл. 4.3;

$\Delta L_k$  – поправка на состав движения, принимался по табл. 4.4;

$\Delta L_{ДИЗ}$  – поправка на количество дизельных автомобилей, принимается

по табл. 4.5;

$\Delta L_L$  – величина снижения уровня шума в зависимости от расстояния в метрах от крайней полосы движения, определяется по табл. 4.6;

$K_P$  – коэффициент, учитывающий тип поверхности между дорогой и точкой измерения, принимается по табл. 4.7.

Таблица 4.1

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

Интенсивность движения $N$ , авт/ч	Значения $L_{TPI} + \Delta L_V$ в зависимости от скорости движения, дБА				
	30	40	50	60	70
50	63,5	65,0	66,5	68,0	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 4.2

Значение поправок на продольный уклон  $\Delta L_i$

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

Таблица 4.3

Значение поправок на вид покрытия  $\Delta L_d$

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

Таблица 4.4

Величины поправок на состав движения  $\Delta L_k$

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

Таблица 4.5

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 4.6

Значение снижения уровня шума в зависимости от расстояния от крайней полосы движения  $\Delta L_L$

Расстояние $L$ , м	Величина поправки $\Delta L_L$ , дБА				
	Число полос движения				
	2	4		6	
		Ширина разделительной 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 4.7

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 табл. 4.8.

Таблица 4.8

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:

$$L = L_{ЭКВ} - \Delta L_B - \Delta L_Z, \quad (4.6)$$

где  $\Delta L_B$  – величина снижения уровня шума различными типами зеленых насаждений, принимается по табл. 4.9.

$\Delta L_Z$  – величина снижения уровня шума в зависимости от высоты и положения экрана определяется по формуле:

$$\Delta L_Z = \Delta L_{A\alpha\alpha} + \Delta_D, \quad (4.7)$$

где  $\Delta L_{A\alpha\alpha}$  определяется в следующем порядке:

а) определяется  $\Delta L_{A\alpha\beta}$  в зависимости от высоты экрана (рис. 4.2) по формуле:

$$\Delta L_{A\alpha\beta} = 18,2 + 7,81 \lg(a + b - c + 0,02), \quad (4.8)$$

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.

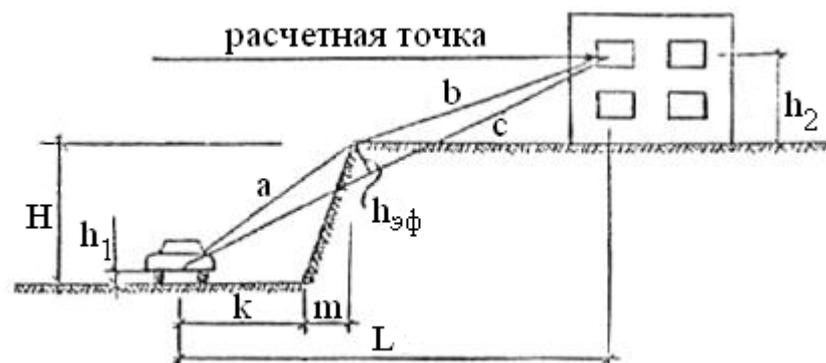


Рис. 4.2. Схема к расчету шумового воздействия [3] :

$H$  – 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;  $h_{эф}$  – 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 4.9

Величины снижения уровня шума различными типами зеленых насаждений  $\Delta L_B$

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, т.е.

$$L \geq (k+m+H). \quad (4.9)$$

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

Величину  $\Delta L_{A_{\text{эф}}}$  можно определять также по табл. 4.10;

Таблица 4.10

Значение величины  $\Delta L_{A_{\text{эф}}}$

Разность путей прохождения звука а+в-с, м	0,02	0,06	0,14	0,28	0,48	1,4	2,4
Снижение уровня звука $\Delta L_{A_{\text{эф}}}$ , дБА	8	10	12	14	16	20	22

б) определяется величина снижения уровня шума в зависимости от положения экрана в плане (рис. 4.3) –  $\Delta L_{A_{\text{эф}}\alpha_1}$  и  $\Delta L_{A_{\text{эф}}\alpha_2}$  по табл. 4.11.

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  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  между перпендикуляром и линиями, соединяющими концы экрана с расчетной точкой;

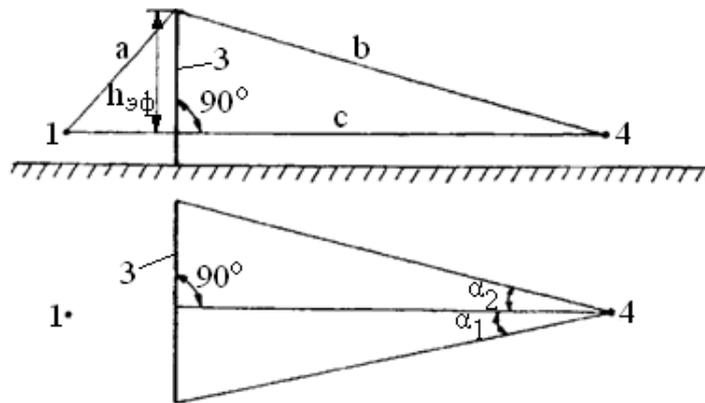


Рис. 4.3. Расчетная схема для определения уровня [3]:

1 – автомобильная магистраль; 3 – экран; 4 – расчетная точка

Таблица 4.11

Снижение уровня шума, дБА

Величина $\Delta L_{A_{\text{эф}}}$	угол $\alpha_1$ или $\alpha_2$ в градусах						
	45	50	55	60	70	80	85
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  $\Delta L_{A_{\text{эа}1}}$  и  $\Delta L_{A_{\text{эа}2}}$ .

Определяется по табл. 4.12 поправка  $\Delta_{\text{Д}}$ , зависящая от величины разности  $\Delta L_{A_{\text{эа}1}} - \Delta L_{A_{\text{эа}2}}$ .

Таблица 4.12

$\Delta L_{A_{\text{эа}1}} - \Delta L_{A_{\text{эа}2}}$	Значение величины поправки $\Delta_{\text{Д}}$						
	0	2	4	8	12	16	20
Поправка $\Delta_{\text{Д}}$	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 табл. 4.13.

Таблица 4.13

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 [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.

## 5. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Задача 1. Используя данные таблицы 5.1, определить концентрации загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода, оксидами азота и углеводородами в солнечную и дождливую погоду в расчетном поперечнике на расстояниях  $l$  (м) от кромки автомобильной дороги. Построить графики зависимости изменения концентрации ЗВ от расстояния  $l$  (м) (кромки дороги). Выбрать защитные мероприятия по снижению концентрации ЗВ в зоне жилой застройки, удаленной на расстояние  $l$  (м) от дороги, до допустимого уровня, если скорость господствующего ветра 3 м/с.

Таблица 5.1

Данные к задаче 1

№	$N_a$ , авт/ч	Число автомобилей по группам, %						$v$ , км/ч	$\varphi$	$L$ , м
		1	2	3	4	5	6			
1	500	40	5	25	20	5	5	75	20	50
2	350	35	10	30	20	5	5	25	75	60
3	125	45	5	15	15	5	10	30	35	80
4	400	30	10	15	20	10	10	35	40	100
5	50	40	15	15	20	5	10	40	45	50
6	600	20	10	20	20	10	10	45	65	60
7	700	50	20	25	15	0	5	50	50	70
8	800	40	5	10	25	5	10	55	55	80
9	900	45	10	15	20	5	5	60	60	60
10	1000	25	10	25	20	0	5	60	65	50
11	1100	40	25	25	5	5	5	60	70	60
12	1200	40	20	25	20	5	5	65	75	70
13	1300	35	10	30	20	5	5	45	80	80
14	1400	45	5	15	15	5	10	40	85	60
15	1500	30	5	15	20	10	10	35	20	100
16	1000	40	10	15	20	5	10	80	25	60
17	200	20	15	20	15	10	10	60	80	100
18	2300	50	10	25	20	5	5	100	75	80
19	2430	45	20	10	20	5	10	80	70	40
20	1550	25	5	15	20	5	10	60	65	50
21	600	40	10	20	10	5	5	55	60	50
22	240	35	10	25	25	5	5	45	55	40
23	800	45	25	30	20	5	5	30	50	50
24	900	20	5	10	20	5	10	40	45	60
25	100	5	5	20	20	10	10	30	90	70
26	555	10	15	25	20	15	15	30	75	80
27	1600	30	20	30	15	5	10	80	20	40
28	1400	40	15	15	20	10	15	75	35	100
29	850	5	5	20	10	5	15	50	45	50
30	177	20	15	25	10	10	15	30	50	80

Задача 2. Используя данные таблицы 5.2, определить параметры поверхностного стока и НДС загрязняющих веществ (взвешенные вещества, нефтепродукты, свинец) в водоток с автодороги в Свердловской области. Оценить величину фактического сброса этих веществ с поверхностными сточными водами по каждому ингредиенту. Изобразить в виде гистограммы результаты расчета, провести их анализ для обоснования вариантов сброса сточных вод в водоток без предварительной очистки или через очистные сооружения и предложить соответствующие инженерные решения.

Таблица 5.2

Данные к задаче 2

№	$F$ , га	$j$	$i$ , %	$v_n$ , м/с	$h$ , м	$l_\phi$ , м	$f$	$Q_{\min}$ , л/с
1	1,92	I	1,2	0,8	1,7	300	1,01	61
2	1,98	II	1,5	1,0	2,0	320	1,03	65
3	2,51	I	1,1	0,7	3,0	350	1,05	80
4	1,35	IV	0,5	0,6	3,5	280	1,06	75
5	1,55	III	6,0	0,9	2,8	330	1,02	63
6	2,80	V	0,3	0,7	2,9	295	1,04	68
7	2,10	I	0,4	0,6	1,8	325	1,07	70
8	1,85	II	0,5	0,9	1,9	290	1,01	67
9	1,78	III	0,6	0,5	2,1	310	1,02	64
10	2,75	IV	0,8	0,6	2,2	287	1,03	69
11	2,01	V	0,9	0,7	2,4	299	1,04	71
12	1,96	I	1,0	0,8	2,5	301	1,05	72
13	1,87	II	1,3	0,9	2,6	310	1,06	74
14	1,75	III	1,5	0,7	2,8	315	1,07	61
15	2,86	IV	2,0	0,8	2,1	290	1,01	62
16	2,50	V	2,5	0,9	2,0	300	1,02	65
17	2,44	I	3,0	0,7	1,9	310	1,03	66
18	2,40	II	3,5	0,6	1,8	315	1,04	68
19	2,35	III	4,0	0,5	1,7	320	1,05	69
20	2,25	IV	4,5	0,6	1,8	330	1,06	70
21	2,15	V	5,0	0,7	1,9	340	1,05	71
22	2,10	I	0,1	0,8	1,7	350	1,04	72
23	2,00	II	0,3	0,9	1,8	340	1,03	73
24	1,99	III	0,4	0,6	0,9	320	1,02	63
25	1,75	IV	1,2	0,8	2,0	280	1,01	65
26	2,86	V	0,9	0,9	2,0	250	1,01	72
27	2,50	I	1,0	0,7	1,9	135	1,02	74
28	2,44	II	1,3	0,8	1,8	160	1,04	61
29	2,40	II	1,5	0,5	2,1	330	1,07	69
30	1,92	IV	2,0	0,7	2,2	340	1,03	72

Задача 3. Используя данные таблицы 5.3, выполнить расчет и оценку уровня загрязнения придорожных земель выбросами свинца. Графически представить изменение содержания свинца с расстоянием от кромки дороги (в координатах  $P_c$  от  $l$ ). С помощью построенного графика определяют ширину полосы от кромки проезжей части автодороги, в которой наблюдается превышение ПДК, сопоставить с ПДК свинца в почве по общесанитарному показателю, равному 32 мг/кг. Предложить мероприятия по уменьшению ширины распространения выбросов свинца от кромки дороги.

Таблица 5.3

Данные к задаче 3

№	$N_a$ , авт/сут	Число автомобилей по группам, %					$v$ , км/ч	$T_p$ , сут
		1	2	3	4	5		
1	6200	40	5	30	20	5	30	10
2	6000	35	10	30	20	5	35	20
3	5000	35	10	30	15	10	40	15
4	4000	40	5	25	20	10	30	10
5	3000	35	10	20	30	5	35	20
6	3500	45	2	28	22	3	45	15
7	4000	50	5	5	30	10	50	15
8	4500	35	15	25	25	0	45	10
9	5000	25	15	25	25	10	40	20
10	5500	20	20	20	20	20	35	10
11	6100	40	5	30	10	5	30	10
12	6300	35	10	30	15	15	35	20
13	6500	40	5	30	30	10	40	15
14	6700	35	5	30	30	0	30	10
15	6900	35	10	20	15	5	35	20
16	3500	45	10	30	30	0	60	20
17	4000	50	5	5	30	10	50	20
18	4500	35	15	25	15	5	45	10
19	5000	25	15	25	30	10	40	20
20	5500	20	20	20	20	20	30	15
21	6200	35	10	25	25	5	35	10
22	3000	35	10	30	20	5	50	20
23	6100	40	10	30	25	0	30	15
24	6600	45	5	20	20	5	35	15
25	6800	30	15	25	20	0	40	10
26	1000	40	5	30	25	5	70	20
27	5000	45	5	30	30	10	75	10
28	2200	30	10	30	30	10	90	10
29	2500	40	10	25	25	5	80	20
30	7500	35	5	20	20	10	75	15

Задача 4. Используя данные таблицы 5.4, рассчитать и оценить эквивалентный уровень шума в различных зонах населенного пункта.

Таблица 5.4

Данные к задаче 4

№	$V$ , км/ч	Число полос движения (ширина разделительной полосы)	$K$ , %	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	Асфальтобетон	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	Цементобетон	Территории сельскохозяйственного назначения
6	30	6 (5)	40	60	Литой и песчаный асфальтобетон	250	10	Лед	Территории заповедников 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	Асфальтобетон	Промышленные 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 рыхлый	Санаторно-курортные зоны

Продолжение табл. 5.4

№	$V$ , км/ч	Число полос движения (ширина разделительной полосы)	$K$ , %	Продольный уклон, ‰	Вид покрытия	$L$ , м	$R$ , м	Тип поверхности	Характер территории
11	30	6 (2)	37	15	Литой и песчаный асфальтобетон	750	30	Цементобетон	Территории сельскохозяйственного назначения
12	40	6 (5)	51	18	Мелкозернистый асфальтобетон	875	10	Лед	Территории заповедников 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 рыхлый	Санаторно-курортные зоны
17	40	2	20	11	Мелкозернистый асфальтобетон	100	10	Цементобетон	Территории сельскохозяйственного назначения
18	50	4 (5)	35	19	Черный щебень	150	15	Лед	Территории заповедников и заказников
19	60	6 (5)	83	40	Цементобетон	250	20	Вспаханная	Селитебные зоны населенных мест
20	70	4 (2)	8	6	Мостовая	300	20	Асфальтобетон	Промышленные территории
21	30	6 (2)	11	100	Литой и песчаный асфальтобетон	400	30	Зеленый газон	Зоны массового отдыха и туризма

№	$V$ , км/ч	Число полос движения (ширина разделительной полосы)	$K$ , %	Продольный уклон, ‰	Вид покрытия	$L$ , м	$R$ , м	Тип поверхности	Характер территории
22	40	6 (5)	29	80	Мелкозернистый асфальтобетон	500	30	Снег рыхлый	Санаторно-курортные зоны
23	50	2	44	60	Черный щебень	625	10	Цементобетон	Территории сельскохозяйственного назначения
24	60	6 (2)	56	2	Цементобетон	750	15	Лед	Территории заповедников и заказников
25	70	6 (5)	68	5	Мостовая	875	20	Вспаханная	Селитебные зоны населенных мест
26	30	4 (2)	71	10	Литой и песчаный асфальтобетон	1000	30	Асфальтобетон	Промышленные территории
27	40	6 (2)	83	20	Мелкозернистый асфальтобетон	50	10	Зеленый газон	Зоны массового отдыха и туризма
28	50	6 (5)	7	40	Черный щебень	75	10	Снег рыхлый	Санаторно-курортные зоны
29	60	4 (2)	60	80	Цементобетон	100	15	Цементобетон	Территории сельскохозяйственного назначения
30	70	2	50	100	Мостовая	150	20	Лед	Территории заповедников и заказников

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов / Министерство транспорта РФ. М.: ОАО ГипродорНИИ, 1995. 124 с.
2. СНиП 2.04.03-85-96. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: Минстрой РФ, ГП ЦПП, 1996. 72 с.
3. Факторович А.А., Постников Г.И. Защита городов от транспортного шума. Киев: Будивельник, 1982. 144 с.
4. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. М.: Минтрансстрой, 1985. 82 с.