

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта
Кафедра «Автотранспортная и техносферная безопасность»
Методические указания к практическим занятиям
по дисциплине «Экологическое воздействие производственных процессов
»
для студентов ВлГУ,
обучающихся по направлению **20. 03.01 Техносферная безопасность**

составитель Туманова Н.И.

Владимир – 2016г.

Содержание

Тема 1 ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОДИНОЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.1. Теоретическое введение
- 1.2. Методика расчета рассеивания выбросов вредных веществ из одиночных источников
- 1.3. Рассеивание холодных выбросов из одиночных источников.
- 1.4. Расчет предельно допустимого выброса и минимальной высоты трубы.
- 1.5. Уточнение санитарно-защитной зоны.
- 1.6. Расчеты загрязнений атмосферы горячими выбросами одиночного источника

Тема 2 ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВЫБРОСАМИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ТЕРРИТОРИИ АТП

- 2.1 Теоретическое введение
- 2.2 Расчет выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта.

Тема 3 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛИТЕБНЫХ ЗОН.

- 3.1. Теоретическое введение
- 3.2. Оценка шумового фона транспортных потоков в жилой застройке (селитебной зоне) городов
- 3.3. Определение границ санитарно-защитной зоны промышленного предприятия по уровню шума
- 3.4. Методика расчета санитарно-защитной зоны промышленного предприятия или иного промышленного объекта с источниками шума

Тема 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

- 4.1. Теоретическое введение
- 4.2. Расчет экономического ущерба от годовых выбросов в атмосферу

Тема 1. Оценка загрязнения атмосферы выбросами вредных веществ из одиночных источников

1.1. Теоретическое введение

За последнее время проблема защиты атмосферного воздуха от загрязнений приобрела большое значение. Для жизнедеятельности человека воздух является главным "продуктом потребления". Нормальная жизнедеятельность людей требует не только наличия воздуха, но и строгого соблюдения определенных норм его чистоты, отклонение от которых неблагоприятно влияет на здоровье людей и окружающую среду в целом (1.1). Поэтому целью данного учебного пособия является овладение студентами методикой расчета рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе (имеются в виду выбросы промышленных предприятий), определение предельно допустимого выброса (ПДВ), уточнение в зависимости от розы ветров санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия. Данной методикой можно пользоваться как при проектировании предприятий, так и при нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых действующими предприятиями. Расчет производится для приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли. Методика расчета не распространяется на вредные вещества, обнаруживаемые на дальних расстояниях от источника выброса (более 100 км). Основными источниками загрязнения атмосферы промышленными предприятиями являются выбросы из труб и вентиляционных устройств. На процесс их рассеивания определенное влияние оказывают состояние атмосферы, расположение предприятий и источников выбросов, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ, высота источника выбросов, диаметр устья, скорость выброса, температура газов и т.п. (рис. 1), (1.2). Приведенные зависимости показывают, что интенсивность рассеивания загрязнителя в атмосфере пропорциональна высоте источника, скорости выброса и температуре газов, выходящих из источника загрязнения.

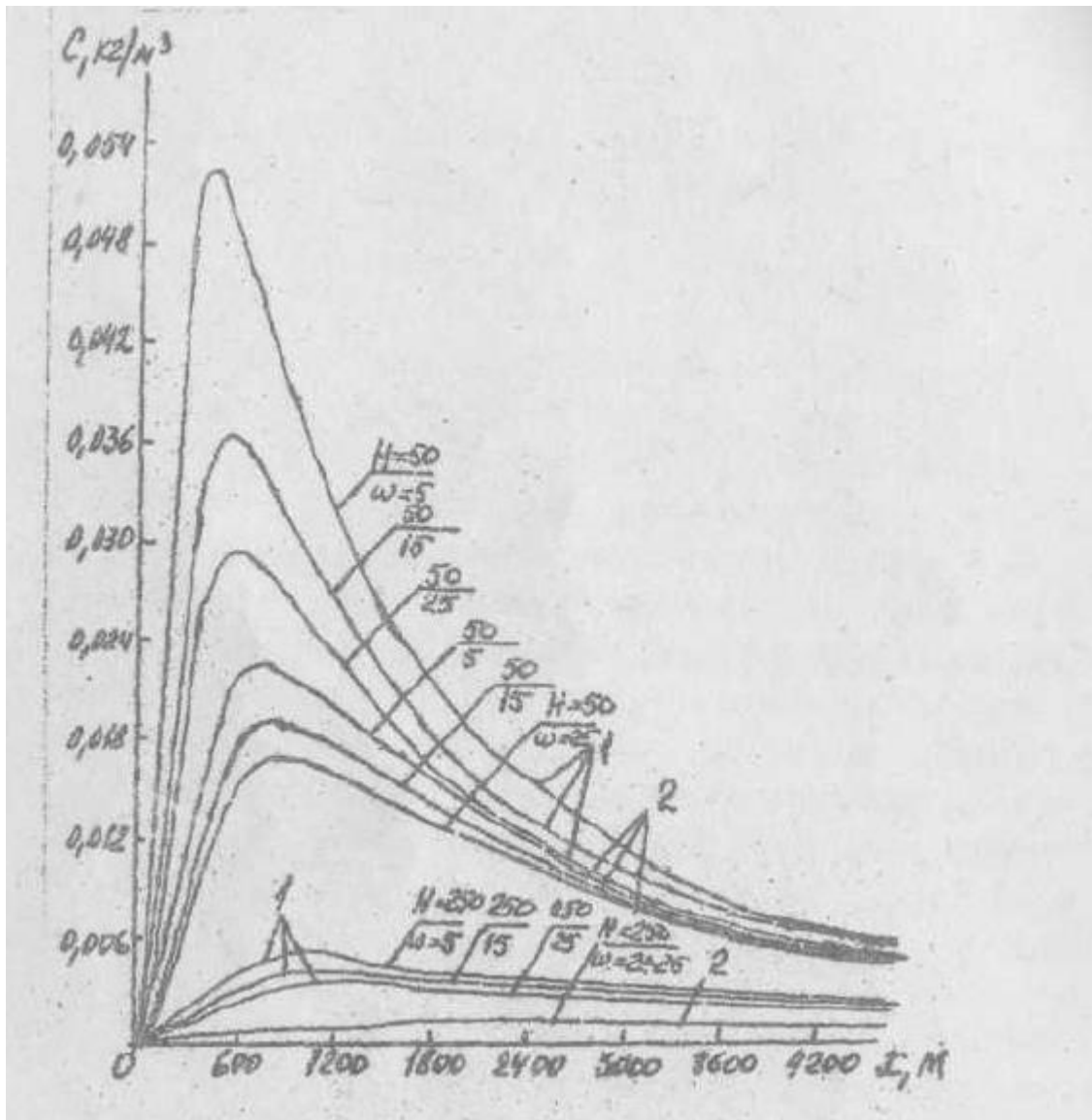


Рис. 1. Зависимость приземной концентрации вредного вещества от высоты трубы H , скорости выброса W и температуры газов T :
1 – 30°C; 2 – 300°C

Распространение в атмосфере выбрасываемых из труб и вентиляционных устройств промышленных выбросов подчиняется законам турбулентной диффузии. Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью ветра, а вертикальное - распределением температур в вертикальном направлении.

На рис. 2 показано распределение концентрации вредных веществ в атмосфере над факелом организованного источника (1.3).

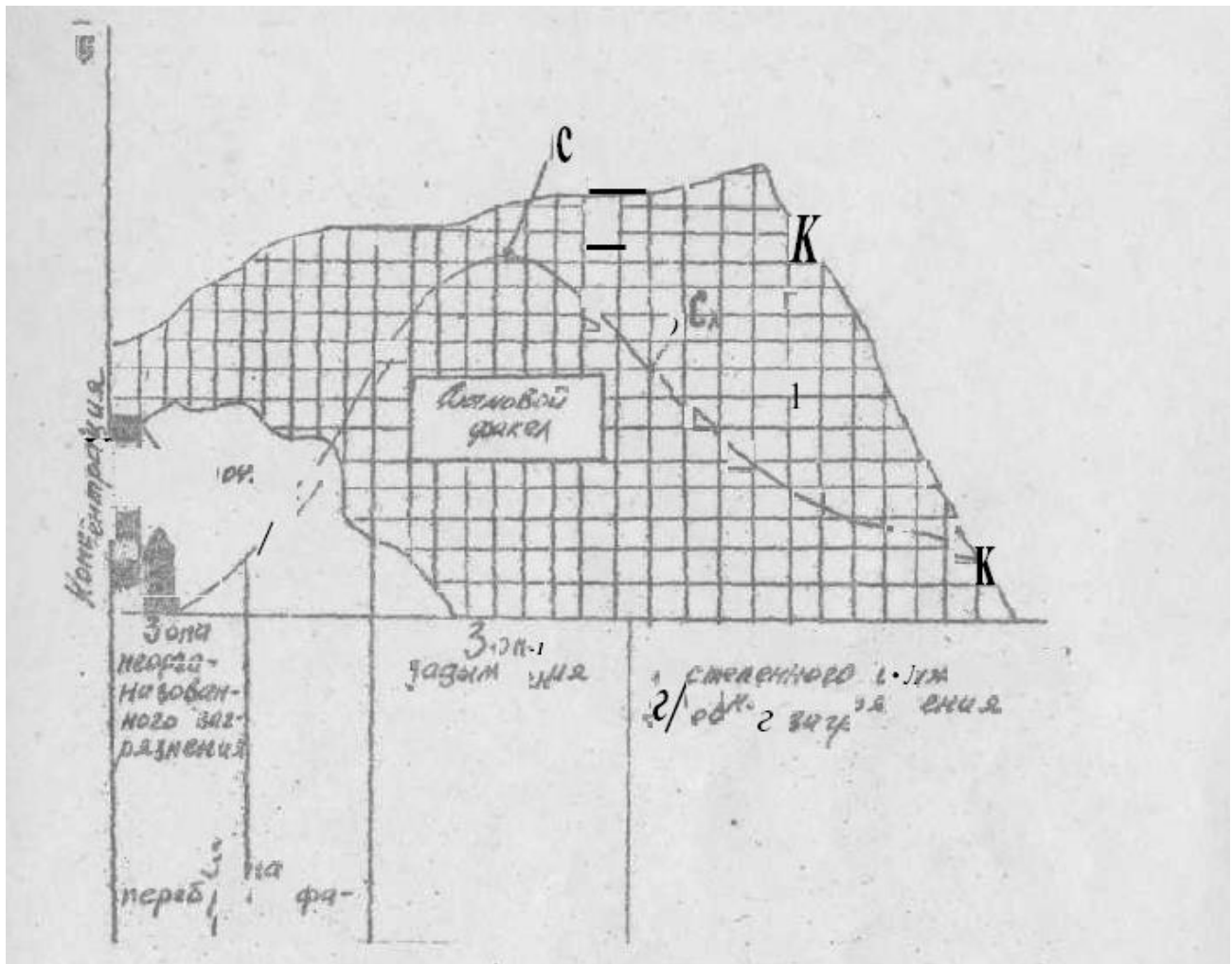


Рис. 2. Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере над факелом организованного источника

По мере удаления от трубы можно условно выделить три загрязнения атмосферы: переброс факела выбросов; задымление с максимальным содержанием вредных веществ (C_m) и постепенное снижение загрязнения. В условиях безветрия рассеивание вредных веществ происходит главным образом под действием вертикальных потоков. Высокие скорости ветра увеличивают разбавляющую роль атмосферы. Вместе с тем с увеличением скорости ветра уменьшается высота факела над устьем трубы. Поэтому для источников выбросов вводят понятие опасной скорости ветра (I_m), при которой приземные концентрации имеют наибольшие значения. Для того, чтобы предотвратить отклонение струи вблизи горловины трубы, скорость выбрасываемого газа должна вдвое превышать опасную скорость ветра на уровне горловины трубы.

Все многообразие источников выбросов вредных веществ условно подразделяется на линейные и точечные (источники вредных выделений расположены достаточно близко друг к другу). Ниже приводится методика расчета рассеивания и определяются приземные концентрации выбросов от точечного (одиночного) источника. В основу методики расчета положено условие, при котором концентрация вредного вещества не должна превышать максимальную разовую предельно допустимую концентрацию (ПДК) данного вредного вещества в атмосферном воздухе (прил. I).

Приведенной методикой необходимо пользоваться при уточнении границ санитарно-защитной зоны от промышленного предприятия. Для этого необходимо учитывать преобладающее направление ветра для данной местности (среднегодовую розу ветров). Санитарно-защитная зона устанавливается согласно СН. 245-71 [1Л] непосредственно от источников загрязнения атмосферы сосредоточенными выбросами или от зданий, где установлено оборудование, создающее вредные факторы. Размер санитарно-защитной зоны зависит от характера производства и мощности предприятия. Всего существует 5 классов размеров таких зон:

- I класс – 1000 м
- II класс – 500 м
- III класс – 300 м
- IУ класс – 100 м
- У класс – 50 м

Санитарно-защитная зона озеленяется, в ее пределах не размещаются объекты с постоянным пребыванием людей (жилые дома, детские сады и т.д)

1.2. Методика расчета рассеивания выбросов вредных веществ из одиночных источников.

Величина максимальной приземной концентрации для выброса из одиночного источника.

$$C_m := \frac{A \cdot F \cdot M \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta V}} \quad (1)$$

Здесь А- коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия вертикального горизонтального рассеивания вредных веществ, принимаемый равным для:

а) районов России южнее 40°с.ш., Бурятии, Читинской области - 250;

б) Европейской территории России южнее 50°с.ш., а также остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Дальнего Востока, Сибири - 200;

в) Европейской территории России и Урала от 50 до 52°с.ш. (за исключением попадающих в эту зону перечисленных ранее районов) - 180;

г) Европейской территории России и Урала севернее 52°с.ш. (за исключением Центра Европейской территории страны) - 160'.

д) Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей - 140.

M (г/с) - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени; F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе,

равный для:

- а) газообразных веществ - I;
- б) пыли и золы со степенью очистки не менее 90% - 2;
- в) пыли и золы, где очистка от .75 до 90%, - 2,5;
- г) пыли и золы, очищенной менее 75%, - 3;

m - безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от параметра f

$$f := 10^3 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (2)$$

при $f < 100$

$$m := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \sqrt[3]{f}}$$

где w_0 - средняя скорость выхода газов из устья источника, м/с

D - диаметр устья источника, м; n - безразмерный коэффициент, зависящий от величины максимальной скорости истечения газовой смеси из устья источника

$$V_m := 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (3)$$

$n=3$, если $v_m \leq 0,5$;

$$n := \left. \begin{array}{l} 3 - \sqrt{(V_m - 0.3) \cdot (4.36 - V_m)} \\ 0,5 \leq v_m \leq 2; \end{array} \right\} (4)$$

$n = 1$, если $v_m > 2$

$\Delta T = T_r - T_b$ - разность между температурами выбрасываемой газовой смеси T_r и окружающего атмосферного воздуха T_b , град ;

V_1 - объем газовой смеси, выбрасываемой через устье трубы диаметром D со средней скоростью w_0 , м³/с

$$V_1 := \frac{\pi \cdot D^2 \cdot w_0}{4} \quad (5)$$

η - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 60 м на I км, $\eta = 1$.

Расстояние от источника выброса, на котором достигается максимальная концентрация x_m для газообразных веществ, определяется из выражения

$$x_m := d \cdot H \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} x_m := \frac{5 - F}{4} \cdot dH \quad (6)$$

а для пыли и золы ($F \geq 2$)

Здесь d - безразмерная величина, определяемая по формулам

$$d := 4.95 \cdot V_m \cdot (1 + 0.28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0,5 < v_m \leq 2;$$

$$d := 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0.28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } v_m > 2;$$

Используя полученное значение максимальной концентрации

вредных веществ в атмосфере C_m , определяем изменение концентрации по оси факела C_x на трех различных участках расстояния

X от источника выброса

$$C_x = S_I C_m \quad (7)$$

где

$$1) S_1 := 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2, \text{ если } X/X_M \leq 1 \quad (8)$$

$$S_1 := \frac{1.13}{0.13 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1}$$

$$2) \quad , \text{ если } 1 < X/X_M \leq 8 \quad (9)$$

3) на расстоянии $X/X_M > 8$ для газообразных веществ ($F=1$)

$$S_1 := \frac{\frac{x}{x_m}}{3.58 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 35.2 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right) + 120}$$

для пыли и золы ($F \geq 2$)

$$S_1 := \frac{1}{0.1 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 2.47 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right) - 17.8}$$

Выбор значений текущей координаты X осуществляется произвольным образом, но их количество не должно быть менее пяти для каждого участка. Вычисления необходимо производить до тех пор, пока C_x не станет \leq ПДК_{МР}.

Величина приземных концентраций вредных веществ на расстоянии y по перпендикулярному к оси факела направлению выброса

$$C_y = S_2 C_x \quad (10)$$

где S_2 - безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от скорости ветра U (м/с) и отношения u/x по значению аргумента t_y

$$\left. \begin{aligned} t_y &:= \frac{U \cdot y^2}{x^2} && \text{при } u \leq 5 \\ t_y &:= \frac{5 \cdot y^2}{x^2} && \text{При } u > 5 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

по формуле (12)

Опасная скорость ветра U_M находится в зависимости от параметра v_M

$$v_M = 0.5 \text{ при } U_M \leq 0.5 \quad (13)$$

$$v_M = v_M \text{ при } 0.5 < v_M \leq 2 \quad (14)$$

$$v_M = v_M (1 + 0.12 f) \text{ при } v_M > 2 \quad (15)$$

В формуле (12) для каждого значения X вычисляется столько значений y , пока концентрация C_y не станет меньше или равной ПДК_{МР}.

1.3. Рассеивание холодных выбросов из одиночных источников.

Уровень максимальной приземной концентрации вредных веществ

$$C_m := \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n}{H^{\frac{4}{3}}} \cdot K$$

где A - коэффициент, величина которого соответствует горячим выбросам; n - безразмерный коэффициент, определяемый из выражения (4) в зависимости от v_M , м/с

$$v_m := 1.3 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H}$$

K - коэффициент, который находится из соотношения

$$K := \frac{D}{8 \cdot V_1}$$

При значении $v_M=2$ опасной скорости ветра соответствуют значения, найденные по выражениям (13) и (14). Если $v_M > 2$ м/с, то $u_M = 2.2v_M$

Расстояние от источника выброса X_M , на котором достигается максимальное значение концентрации вредных веществ, определяется по формуле (6) по значению величин d , которые будут.

$$d := 11.4 \cdot V_m \quad \text{при } v_M \leq 2$$

$$d := 16.1 \cdot \sqrt{V_m} \quad \text{при } v_M > 2$$

Остальные соотношения сохраняются как и для горячих выбросов.

1.4. Расчет предельно допустимого выброса и минимальной высоты трубы.

I. Предельно допустимый нагретый выброс вредного вещества в атмосферу, при котором обеспечивается не превышение ПДК в приземном слое воздуха, определяется по формуле

$$ПДВ := \frac{(ПДК - C_\phi) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \quad (16)$$

где C_ϕ - фоновая концентрация для одиночного источника $C_\phi = 0$,

При этом концентрация вредного вещества в устье источника не должна превышать

$$C_{mt} := \frac{(ПДК - C_\phi) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{\Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta \cdot (V_1)^{\frac{2}{3}}} \quad (17)$$

2. Предельно допустимый холодный выброс определяется по формуле,

$$ПДВ := \frac{(ПДК - C_\phi) \cdot H^{\frac{1}{3}}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot 8 \cdot \frac{V_1}{D}$$

а максимально допустимая концентрация вредных веществ

$$C_{mt} := \frac{8 \cdot (ПДК - C_\phi) \cdot H^{\frac{1}{3}}}{A \cdot F \cdot D \cdot n \cdot \eta}$$

3. Высота трубы для холодных и нагретых выбросов находится из выражения

$$H := \left[\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D \cdot \eta}{8 \cdot V_1 \cdot (ПДВ - C_\phi)} \right]^{\frac{3}{4}}$$

Если вычисленная по этой формуле величине H соответствует значение $v_M \geq 2$ м/с, то при найденном значении H обеспечивается условие

$$C_M \leq ПДК.$$

На этом расчет прекращается. Если $v_M \leq 2$ м/с, то уточнение производится по двум направлениям:

а) для холодных выбросов при найденном значении H определяется n , а затем H уточняется по формуле

$$H_{i+1} := H_i \cdot \left(\frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{\frac{3}{4}}$$

Здесь n_i - значение безразмерного коэффициента, соответствующее значению H , рассчитанному по (18), а n_{i-1} соответствует величине H_{i-1} из исходных данных (при известной высоте трубы). Для вновь проектируемых предприятий все расчеты начинаются с определения предварительного значения минимальной высоты трубы по формуле

$$H_{i-1} := \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F}{\text{ПДК} \cdot \sqrt{V_1 \cdot \Delta T}}}$$

Вычислив ее величину, можно найти n_{i-1} .

б) Уточнение высоты H для горячих выбросов выполняется по формуле ,

$$H_{i+1} := H_i \cdot \sqrt{\frac{m_i \cdot n_i}{m_{i-1} \cdot n_{i-1}}}$$

где m_i , n_i соответствуют значения H_i , m_{i-1} , n_{i-1} соответствуют значения H_{i-1}

Расчеты необходимо производить до тех пор, пока два последовательно найденных значения H_i и H_{i+1} и не будут отличаться друг от друга на 1%.

1.5. Уточнение санитарно-защитной зоны.

Уточнение СЗЗ производится в соответствии с ОНД-86 с учетом розы ветров, повторяемости по направлениям заданных румбов, расстояния по различным направлениям рекомендуется оформлять в виде табл. I. В расчетах, как правило, используется восьмирумбовая система отсчета с направлениями на север (С), северо-восток (СВ), восток (В), юго-восток (ЮВ), юг (Ю), юго-запад (ЮЗ), запад (З), северо-запад (СЗ). Розы ветров по повторяемости направлений ветров приведены в СНиП 2.01.01-82 "Климатология и строительная физика" в зависимости от места нахождения объекта. В табл. I в качестве примера показана роза ветров для Владимирской области (г.Гусь-Хрустальный).

Таблица 1

Направления сторон света	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
$P, \%$	12	8	8	13	18	15	13	13
$l \geq l_0 \cdot \frac{P}{P_0}$								

Расчетная длина выброса по оси X до значения, при котором выполняется условие $C_x \leq \text{ПДК}$, определит радиус ($L_{0,м}$) окружности, ограничивающей СЗЗ в плоскости XY . Затем в зависимости от результатов расчета загрязнения атмосферы и среднегодовой розы ветров для района расположения предприятия уточнение проводится по формуле

$$l := L_0 \cdot \frac{P}{P_0}$$

где P - среднегодовая повторяемость направления ветров рассматриваемого румба, P_0 - повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %. Например, при восьмирумбовой розе ветров $P_0=100/8=12.5 \%$. Значения l_{IM} и $L_{0,м}$ отсчитываются от границы источников.

Расчитанную СЗЗ необходимо сравнить с СЗЗ одного из пяти заданных классов предприятий (их размеры приведены ранее). Если по расчетам размеры СЗЗ для предприятия получаются больше, чем установленные СН-245-71, то необходимо или уменьшить количество

выбросов вредных, веществ в атмосферу, или увеличить высоту, выброса с учетом установленных ограничений. При отсутствии технических возможностей обеспечения размеров СЗЗ расстояния l принимаются в соответствии с результатами расчета и коррекциями по восьми направлениям в зависимости от розы ветров по повторяемости направлений.

1.6. ПРИМЕР РАСЧЕТА ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРЫ ГОРЯЧИМИ ВЫБРОСАМИ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА

Необходимо оценить загрязнения окисью углерода (СО), создаваемые выбросами от водогрейной котельной, расположенной в солитебной зоне населенного пункта Владимирской области.

Исходные данные для расчета: коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, $A = 120$; масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, $M = 371,8$ г/с; коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере, F для СО равен 1; высота трубы $H = 40$ м; диаметр устья трубы $D = 2,0$ м; средняя скорость выхода газозвдушной смеси из устья трубы, $w_o = 2,2$ м/с; температура выбрасываемой газозвдушной смеси $T = 190^\circ\text{C}$; $\text{ПДК}_{\text{СО}} = 3,0$ мг/м³, $\text{румб} = 90^\circ$; среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба $P = 15\%$, повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров $P_o = 12,5\%$; класс предприятия - 4; температура окружающего воздуха $T_L = 25^\circ\text{C}$.

1. Определим из уравнения (1) максимальную приземную концентрацию. Для этого найдем по (2)

$$f := 10^3 \cdot \frac{w_o \cdot D}{H^2 \Delta T} = 10^3 \cdot \frac{4.84 \cdot 2}{40^2 \cdot 165} := 0.0367$$

Откуда

$$m := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{0.0367} \cdot 0.34 \sqrt[3]{0.0367}} = 1.25$$

Используя (5) и (3); вычислим

$$V_1 := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_o = \frac{3.14 \cdot 2^2}{4} \cdot 2.2 := 6.908$$

$$V_m := 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{6.908 + 165}{40}}$$

Так как $1 \ll \frac{V_1}{V_m} < 2$, необходимо использовать выражение

$$n := 3 - \sqrt{(1.985 - 0.3) \cdot (4.36 - 1.985)}$$

Откуда

$$C_m := \frac{120 \cdot 1 \cdot 347.8 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 1}{40^2 \cdot \sqrt[3]{6.908 \cdot 165}} = 3.337$$

2. Определение расстояния (б), при котором достигается максимальная приземная концентрация вредных веществ при неблагоприятных метеорологических условиях.

$$x_m := d \cdot H$$

Так как $V_m \leq 2$, то

$$d := 4.95 \cdot V_m \cdot \left(1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}\right) = 4.95 \cdot 1.985 \cdot \left(1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{0.0367}\right) := 10.746$$

Откуда $X_m = 10.746 \cdot 40 = 430$ м

3. Величина опасной скорости ветра V_H на уровне факела, при которой имеет место максимальная концентрация $U_m = V_m = 1.985$ м/с

Т.к $0.5 < V_m \leq 2$

4. Определим величину приземной концентрации вредных веществ в атмосфере (7) по оси факела на различных расстояниях от источника выброса $C_x = S_1 C_H$

Для первого участка (8)

$$S_1 := 3 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2$$

для второго участка (9), когда $1 < x/x_m \leq 8$

$$S_1 := \frac{1.13}{0.13 \cdot \left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1}$$

Данные расчета сведем в табл. 2

x, м	100	200	300	400	430	500	600
S ₁	0,233	0,634	0,91	0,991	1	0,961	0,9
C _x , мг/м ³	0,778	2,116	3,037	3,327	3,337	3,207	3,009

5. Определим величину приземных концентраций вредных веществ в атмосфере на расстоянии y (10) при Vm=1,985 м/с с учетом зависимостей (11), (12) C_y=S₂ C_x,
Данные по расчету приведены в табл. 3;

y	100	200	300	400	430	500	550	600
0	0,778	2,116	3,037	3,327	3,337	3,207	3,103	3,009
5	0,747	2,094	3,023	3,318	3,330	3,200	3,105	3,007

x, м \ y, м	100	200	300	400	430	500	550	600
10	0,659	2,030	2,980	3,293	3,307	3,180	3,092	2,996
15	0,598	1,928	2,913	3,250	3,270	3,160	3,072	
20	0,396	1,793	2,820	3,190	3,219	3,120	3,040	
25	5,265	1,634	2,707	3,118	3,156	3,075	3,003	
30	0,164	1,456	2,574	3,03	3,078	3,020		

б. Определение предельно допустимого выброса (16)

$$ПДВ := \frac{(ПДК - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}$$

т.к. рассматривается одиночный источник, то фоновая концентрация C_ф=0

$$ПДВ := \frac{3 \cdot 40^2 \cdot \sqrt[3]{6.908 \cdot 165}}{120 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1} = 335.14 \quad (17)$$

Концентрация вредного вещества в выбросах устья источника

$$C_{mt} := \frac{3 \cdot 40^2 \cdot \sqrt[3]{165}}{120 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1 \cdot 6.908^{\frac{2}{3}}} \quad 48.486$$

Минимальная высота трусы находится из выгрансения (18),

$$H := \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{8 \cdot V_1 \text{ ПДК}} \right)^{\frac{3}{4}} \quad \left(\frac{120 \cdot 371.8 \cdot 1 \cdot 2}{8 \cdot 6.908 \cdot 3} \right)^{\frac{3}{4}} := 111.7$$

Используя формулу (18), определим

$$V_m := 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{6.908 \cdot 165}{111.7}} := 1.409$$

Так как скорость истечения газового потока из трубы $V_m < 2 \text{ м/с}$ то расчеты по уточнению минимальной высоты нужно продолжить

$$H_{i+1} := H_i \cdot \sqrt{\frac{m_i \cdot n_i}{m_{i-1} \cdot n_{i-1}}}$$

Здесь $H_i = 11.9$ $V_m = 1.409 \text{ м/с}$

$$n := 3 - \sqrt{(1.409 - 0.3) \cdot (4.36 - 1.409)} \quad 1.191$$

$$f := 10^3 \cdot \frac{4.84 \cdot 2}{111.7 \cdot 165} \quad 0.0468$$

$$m_i := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{0.0468} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{0.0468}} \quad 1.363$$

$$H_{i+1} := 111.9 \cdot \sqrt{\frac{1.363 \cdot 1.101}{1.25 \cdot 1.0}} \quad 127.7$$

Делаем следующую итерацию

$$V_m := 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{6.908 \cdot 165}{127.7}} \quad 1.349$$

$$n_{i+1} := 1.223$$

$$f := 10^3 \cdot \frac{4.84 \cdot 2}{127.7 \cdot 165} \quad 0.036$$

$$m_i := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{0.036} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{0.036}} \quad 1.373$$

$$H_{i+1} := 127.7 \cdot \sqrt{\frac{1.343 \cdot 1.223}{1.363 \cdot 1.191}} \quad 129.9$$

$$f_{i+3} := 348 \cdot 10^{-3} \quad m_{i+3} := 1.375 \quad V_{(m_{i+3})} := 1.341 \quad n_{i+3} := 1.227$$

$$H_{i+3} := 129.9 \cdot \sqrt{\frac{1.375 \cdot 1.227}{1.373 \cdot 1.223}} \quad 130.2$$

Минимальная высота трубы должна быть =130,2м, что нереально, Учитывая отсутствие технических возможностей уменьшения количества выбросов, необходимо перейти к

уточнению СЗЗ. Расстояние X на котором достигается значение ПДК=600 м, определит радиус окружности СЗЗ для одиночного источника, в связи с чем класс предприятия необходимо повысить с IУ до I. Однако данное расстояние должно быть откорректировано «по восьми румбам с учетом конкретной местности (см. табл. I)

$$C \quad l=600 \cdot 12 / 12.5 = 576 \text{ м}$$

$$CB \quad l=600 \cdot 8 / 12.5 = 384 \text{ м}$$

$$B \quad l=600 \cdot 8 / 12.5 = 384 \text{ м}$$

$$ЮВ \quad l=600 \cdot 13 / 12.5 = 624 \text{ м}$$

$$Ю \quad l=600 \cdot 18 / 12.5 = 864 \text{ м}$$

$$ЮЗ \quad l=600 \cdot 15 / 12.5 = 720 \text{ м}$$

$$З \quad l=600 \cdot 13 / 12.5 = 624 \text{ м}$$

$$СЗ \quad l=600 \cdot 13 / 12.5 = 624 \text{ м}$$

Следовательно, под влиянием ЮВ, Ю, Ш, З, СЗ ветров СЗЗ деформируется на СЗ, С, Ш, В, ЮВ, достигая соответственно величин 624, 864, 720, 624, 624 м. Все расстояния, которые получились меньше 500 м, необходимо увеличить до значения радиуса, соответствующего I классу предприятия, т. е. до 600 м (рис. 3), Для ускорения расчетов прил. 2 приведена программа для IBM PC XT/AT C A на языке Бейсик.

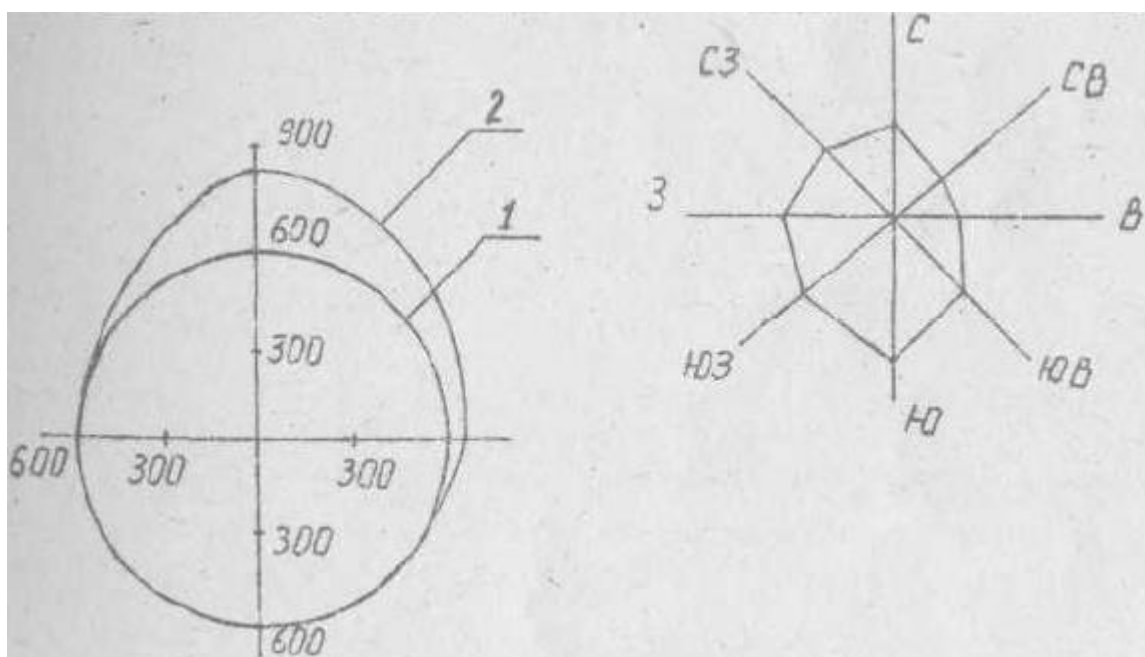


Рис. 3. Уточнение СЗЗ предприятия ;
1 - СЗЗ для I класса предприятия; 2 - уточненная
СЗЗ для водогрейной котельной, расположенной во
Владимирской области

ПРИЛОЖЕНИЕ

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (наиболее часто встречающиеся)

Вещества	Предельно допустимые концентрации, ПДК, мг/м ³		
	Максимальная разовая	Среднесуточ- ная	Класс опасности
Ангидрид сернистый	0,5	0,05	3
Азота двуокись	0,085	0,04	2
Азота окись	0,6	0,06	3
Акролеин	0,03	0,03	2
Аммиак	0,2	0,04	4
Бензин	0,05	0,05	4
Кислота азотная	0,4	0,15	2
Кислота серная	6,3	6Д	2
Марганец	0,01	0,001	2
Озон	0,16	0,63	1
Пыль хлопковая	0,5	0,05	3
Пыль неорганическая с содержанием 70 - 80% SiO ₂	0,3	0,1	3
Ртуть металлическая	-	0,0003	1
Сажа	0,15	0,05	3
Свинец и его соединения	-	0,0003	1
Углерода окись	5	3	4
Формальдегид	0,035	0,003	2
Хром	0,0015	6,0015	1

Глава 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВЫБРОСАМИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ТЕРРИТОРИИ АТП

2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Автотранспорт, как источник загрязнения атмосферного воздуха, имеет ряд отличительных особенностей:

- 1) численность автотранспортных средств быстро увеличивается, а следовательно, растёт валовый выброс (т/год) вредных веществ в атмосферу;
- 2) транспортные средства в отличие от промышленных предприятий относятся к неорганизованному (движущимся) источникам загрязнения, которые широко встречаются в жилых районах и на территориях, прилегающих к учреждениям, школам, садам-яслям и т.д.
- 3) выбросы двигателей внутреннего сгорания представляют собой недостаточно изученную смесь сложных компонентов многие из которых обладают высокой токсичностью.

Автотранспорт является существенным источником загрязнения современных городов и населенных пунктов оксидом углерода (СО), оксидами азота (Λ/Ox), альдегидами, углеводородами (СИ), а также канцерогенами. - соединениями свинца* В 1 л бензина может содержаться до 1 г тетраэтилсвинца, который разрушается и выбрасывается с отработавшими газами (ОГ) в виде соединений свинца; Содержание соединений свинца в 1 л бензина АИ-93 - 0,3? г, А-76 - 0,17 г. Выхлопные газы дизельных двигателей содержат сажу и

ангидрид сернистый. Токсическими выбросами двигателей внутреннего сгорания (ДВС) являются отработавшие газы, картерные газы

и пары топлива из карбюратора и топливного бака. Основная доля токсических, примесей поступает в атмосферу с отработавшими газами ДВС. С картерными газами и парами в атмосферу поступает до 45% углеводородов (СН) от их общего выброса.

Отработавшие газы содержат более 200 компонентов - химических соединений, основные из которых приведены в табл. I.

По воздействию на человека компоненты ОГ подразделяются на

Таблица 1

Компоненты	Объемная доля компонента, %		Примечание
	карбюраторные ДВС	дизельные ДВС	
N_2	74 - 77	76 - 78	Не токсичен
O_2	0,8 - 3,0	2 - 18	
H_2O (пары)	3,0 - 5,5	0,5 - 4,0	
CO_2	5,0 - 12,0	1,0 - 10,0	
H_2	0 - 5,0	-	
CO	0,5 - 12,0	0,01 - 0,50	
NO_x (в пересчете на N_2O_5)	до 0,8	0,0002 - 0,5	Токсичен
Альдегиды	0,2 - 3,0	0,009 - 0,5	
Сажа	до 0,2 мг/л	0,001 - 0,09	
Бенз(а)пирен	0 - 0,04 г/м ³	0,01 - 1,1	
	10 - 20 мкг/м ³	до 10 мкг/м ³	

ядовитые (токсичные) - углерода окись, свинец и его соединения;

канцерогенные - бенз(а)пирен, раздражающие - азота двуокись»'

акролеин, ангидрид сернистый; надоедающие - сажа. СО..- ядовитый

газ- образует в организме человека карбоксигемоглобин, неспособный к переносу кислорода, в результате чего наступает кислородное голодание организма. Азота окись (двуокись) вызывает кашель, удушье, отек легких, предрасполагает к острым респираторным заболеваниям (ОРЗ).

Углеводороды (пары бензина) оказывают вредное действие на центральную нервную систему и сердечно-сосудистую систему. Из них наибольшей активностью обладают бенз(а)пирен и тетраэтилсвинец, действие которых медики связывают с ростом раковых заболеваний. Попадая в организм человека, тетраэтилсвинец способствует разрушению красных кровяных телец, приводит к малокровию, расстройству нервной системы, потере памяти.

Токсичность отработавших газов существенно зависит от режима работы автомобиля и особенно от режимов работы двигателя. У двигателя, работавшего на бензине, на неустановившихся режимах (разгон, торможение) нарушаются процессы смесеобразования и горения, что способствует повышенному выделению токсичных продуктов [2.1,3. От режима работы двигателя зависит выделение бенз(а)пирена с отработавшими газами. При работе карбюраторных двигателей на холостом ходу (х.х.), когда дроссель прикрыт и мал расход воздуха, образуется в большом количестве бенз(а)пирен, углерода окись, азота окись (NO^*) и другие вещества. При работе дизельных двигателей концентрация СО значительно ниже, однако появляется большая дымность выпуска, и образуется сажа.

Сажа в чистом виде нетоксичное вещество, состоит в основном из углерода. Однако частицы сажи, обладая высокой адсорбционной

способностью, несут на своей поверхности молекулы и частицы токсичных веществ, в том числе и канцерогенных. Находясь во взвешенном состоянии в воздухе, сажа тем самым увеличивает вредное воздействие токсичных веществ на человека и окружающую природу.

Воздействие выбросов ОГ автомобильного транспорта на весь комплекс живой природы можно рассматривать в двух аспектах: как локальное и как общее. Локальное воздействие - это влияние выбросов на людей, животный мир, растения, - а также порча сооружений, строительных конструкций, металла. Общее - это глобальное •

воздействие на биосферу с учетом нарастающих темпов развития промышленности (в том числе автомобильной промышленности и большого прироста автомобильного парка). По сведениям Госавтоинспекции г.Москвы ежегодный прирост автопарка г.Москвы, начиная с 1985 г., составляет 35 - 40 тыс. автомобилей. При этом выбросы в атмосферу ОГ увеличиваются на 35 - 40 тыс. т в год, а содержание оксида углерода на некоторых центральных магистралях и Садовом кольце в часы пик превышает ЦЦК м.р в 10 раз и более [2.2.].

Основная опасность воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду определяется их валовыми выбросами M (г/с, т/год) и содержанием (концентрацией) этих веществ в атмосферном воздухе. В соответствии с требованиями СВД-86 [2.3] концентрация C (мг/м³) каждого вещества в приземном слое атмосферы не должна превышать максимально разовой предельно допустимой концентрации, т.е. C_{5} ВДК м.р. Предельно допустимые, концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ВДК м.р) и среднесуточная (ЦЦК с.с) приводятся в санитарных нормах Ш 3086-84. В табл. 2 приведены ЦЦК м.р и ГЦК с.с на некоторые компоненты загрязняющих атмосферу веществ, в том числе и на выбросы ОГ автомобильного транспорта.(углерода окись, углеводороды, азота двуокись, сажа, соединения свинца)

таблица 2

№	Вещества	ЦЦК м.р , мг/м ³	ДКК с.с , мг/м ³	Класс опасности
1	Азота двуокись	0,085	0,04	2
2	Акролеин	0,03	0,03	2
3	Углеводороды - бензин (нефтяной, малосернистый, в пересчете на углерод)	5,0	1,5	4
4	Сажа	0,15	0,05	3
5	Свинец и его соединения (кроме тетраэтилсвинца)	-	0,0003	1
6	Ангидрид сернистый	0,5	0,05	3
7	Сероуглерод	0,03	0,005	2
8	Углерода окись	5,0	3,0	4
9	Этилен	3	3	3
10	Бенз(а)пирен	-	0,1 мкг/100м ³	1

Валовые выбросы загрязняющих веществ M (г/с, т/год) не должны превышать предельно допустимый выброс вредных веществ от одного или группы источников с учетом перспективы развития предприятия (например, роста парка автомобильного транспорта). Расчет ВДВ ведется в соответствии с ОВД-86.

Ниже в учебном пособии приводится методика [2.4] расчета максимально разовых и валовых выбросов загрязняющих веществ т отработавших газов автомобильного транспорта.

2.2. РАСТЕТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ТЕРРИТОРИИ АТП

В расчете рассматривается пять загрязняющих веществ: оксид углерода (СО), углеводороды СН, оксиды азота NO^* , сажа С, со единения свинца. Рк. Для автомобилей с карбюраторными двигателями рассчитывается выброс СО, СН, NO^* и Рк, для автомобилей с дизельными двигателями - СО, СН, NO^* и С:

Выброс 1 - го вещества одним автомобилем k-й группы (легковые грузовые автомобили, автобусы) в день при выезде с территории АТП Мик и возврате Мик определяется по формулам

где $m_{прик}$ - удельный выброс i-го вещества при прогреве двигателя k-й группы, г/мин; $m_{ик}$ - пробеговый выброс i-го вещества при движении по территории автомобиля с относительно постоянной скоростью, г/км; $m_{ххик}$ - удельный выброс i-го компонента при работе двигателя на холостом ходу, г/мин; $t_{пр}$ - время прогрева двигателя, мин; L_1, L_2 - пробег по территории АТП одного автомобиля в день при выезде (возврате), км; $t_{хх1}, t_{хх2}$ - время работы двигателя на х.х. при выезде (возврате) на территорию АТП, мин.

Массовый выброс продуктов сгорания при прогреве двигателя в данном случае величина непостоянная, по мере прогрева двигателя выбросы СО, СН и С уменьшаются, $m_{прик}$ должен отражать интегральную оценку выброса за время $t_{пр}$. Выбросы NO_2 на этом режиме незначительны.

Скорость движения автомобилей на территории АТП составляет 10-20 км/ч, нагрузка практически отсутствует, поэтому часть выброса также составляют продукты неполного сгорания Ш, СН, С.

Значения $m_{прик}$ $m_{ххик}$ для различных групп автомобилей приведены в табл. 2.1 - 2.7 приложения. Приведенные в таблицах приложения значения отражают категорию автомобилей, структуру парка по грузоподъемности и пассажировместимости, тип двигателя и используемое топливо, организацию контроля содержания вредных веществ в отработавших газах, период года.

Периоды года (холодный, теплый, переходный) условно определяются по величине среднемесячной температуры. Месяцы, в которых среднемесячная температура ниже $-5^{\circ}C$, относятся к холодному периоду, месяцы со среднемесячной температурой выше $+5^{\circ}C$ - к теплому периоду и с температурой от -5° до $+5^{\circ}C$ - к переходному. Для АТП, находящихся в разных климатических зонах, продолжительность условных периодов будет разной. Влияние периода года учитывается только для выезжающих автомобилей.

Пробег автомобиля K-й группы по территории АТП в день определяется путем замера пути (L_1), проходимого автомобилем от центра площадки, выделенной для стоянки данной группы автомобилей, до выездных ворот (при выезде) и от въездных ворот до центра стоянки (L_2) при въезде (табл. 2.1 - 2.7 приложения).

Выброс загрязняющих веществ при движении по пандусу учитывается только при хранении автомобилей в-многоэтажных гаражах.

Значения M_i и M_i ; в этом случае увеличивается на величину $m_{ик} L_n$ где L_n длина пандуса, км.

Выбросы загрязняющих веществ при прогреве и работе двигателя на х.х. автомобилями с бензиновыми и дизельными двигателями (табл. 1, 3, 6) соответствуют ситуации, когда на АТП не проводится работа по контролю токсичности ОГ в соответствии с ГОСТ 1.72.2.03-37 и ГОСТ 21393-75*.

При введении контроля удельный выброс СО, СН, С снижается, поэтому значения k_i и k_i^* (табл. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7 приложения) должны пересчитываться по формулам;

$$m_{прик} = m_{прик} k_i \text{ г/мин,}$$

$$m_{ххик} = m_{ххик} k_i \text{ г/мин,}$$

где k_i - коэффициент, учитывающий снижение выброса СО, СН, (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Значения коэффициентов, учитывающих снижение выброса СО, СН, С при контроле содержания загрязняющих веществ в отработавших газах автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями

Вид контроля	Значения коэффициентов (k _i)					
	СО		С		СН	
	бензин.	дизельн.	бензин.	дизельн.	бензин.	дизельн.
Контроль при ТО-2	0,83	0,83	-	0,87	0,86	0,79
Контроль при вы- пуске на линию	0,72	-	-	-	0,7	-

Контроль токсичности отработавших газов автомобилей при выпуске (возврате) на линию на специальных контрольно-регулирующих пунктах (КРП) позволяет добиться большего снижения выброса СО и Ш при работе двигателя на х.х., чем только при ТО-2. Проверке при этом подлежит не менее 3-х % автомобилей, выпускаемых на линию ежедневно, т.е. каждый автомобиль проверяется не реже 1 раза в месяц.

Валовый выброс i -го вещества автомобилями рассчитывается раздельно для каждого периода года по формуле, кг

$$(M_i)^y := \sum_{k=1}^P \alpha_i \cdot (M_{ik} + M_{ik}) \cdot N_k \cdot \Delta_p \cdot 10^{-3}$$

где α - коэффициент выпуска; N_k - количество автомобилей k -й группы в хозяйстве; D_p - количество рабочих дней в расчетном периоде (холодном, теплом, переходном); y - период года (теплый - Т, холодный - Х, переходный - П).

Количество рабочих дней в расчетном периоде D_p зависит от режима работы ДТП длительности периодов года со средней температурой воздуха ниже -5°C , от -5° до $+5^\circ\text{C}$, выше $+5^\circ\text{C}$. Длительность расчетных периодов для каждого региона и среднемесячная температура воздуха принимаются по справочнику [2.5]. В холодный период расчет проводится для каждого месяца.

Для определения общего валового выброса M_i^0 валовые выбросы одноименных веществ по периодам года суммируются, кг

$$M_i^0 = M_{i+} + M_i$$

Максимальный разовый выброс i -го вещества G_i определяется по формуле, г/с

$$G_i := \frac{\sum_{k=1}^P (m_{npik} \cdot t_{np} + m_{iik} \cdot L + m_{xx} \cdot t_{xxi}) \cdot \alpha \cdot N_k}{60 t_p}$$

где t_p - время разезда автомобилей, $t_p = 90$ мин

Максимально разовый выброс рассчитывается для месяца с наиболее низкой среднемесячной температурой.

Время прогрева t_p практически одинаково для различных типов автомобилей, но существенно изменяется в зависимости от температуры воздуха (табл. 4). Продолжительность работы двигателя на х.х. при выезде на линию (возврате) автомобиля (t_{xx1} , t_{xx2}) в среднем составляет 1 мин.

Температура воздуха, $^\circ\text{C}$	выше $+5^\circ\text{C}$	$+5^\circ$ (-5°)	-5° (-10°)	-10° (-15°)	-15° (-20°)	-20° (-25°)	ниже -25°
Время прогрева, мин	4	6	12	20	26	36	45'

Примечания: 1) При стоянке в помещении $t_{np} = 0,5$ мин.

2) Для маршрутных автобусов при температуре ниже -5° $t_{np} = 8$ мин (периодический прогрев 2 - 3 раза). 3) При наличии средств прогрева при температуре ниже -5°C $t_{np} = 6$ мин.

4) В неучтенных ситуациях t_{np} может приниматься по фактическим

Замерам

При работе автомобильных двигателей на этилированном бензине тетраэтилсвиней разрушается, образуя токсичные соединения

свинца. Эти соединения выбрасываются с отработавшими газами в

виде аэрозолей. Выброс соединений свинца одним автомобилем k -й группы при выезде M_{ik} с территории АТП и возврате M_{ik}

определяется по формулам, г

$$M_{ck} := 0.7 \cdot d_c \cdot (q_{npk} \cdot t_{np} \cdot k_{xx} + q_{ik} \cdot L_1 + q_{xxk} \cdot t_{xx1} \cdot k_{xx})$$

$$M_{ck} := 0.7 \cdot d_c \cdot (q_{ik} \cdot L_2 + q_{xxk} \cdot t_{xx2} \cdot k_{xx})$$

где d_c - содержание свинца в одном литре бензине (АИ-93 -

0,37 г/л, А-?6 - 0,17 г/л); q_{npk} q_{xxk} - расход бензина при прогреве и работе двигателя на х.х., л/мин; q_{ik} - расход топлива при движении автомобиля по территории АТП, л/км; k_{xx} - коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива.
 Данные о расходе бензина автомобилями в разные периоды года при-редены в табл. 5.

Категория автомо- биля	Удельный расход топлива					
	q_{xxk} , л/мин			q_{ik} , л/км		
	Периоды года			Периоды года		
	теплый	перех.	холодн.	теплый	перех.	холодн.
1	2	3	4	5	6	7
Легковые автомобили	0,023	0,025	0,028	0,131	0,140	0,164
Грузовые автомобили грузоподъемность:						
до 1000 кг	0,023	0,025	0,028	0,152	0,171	0,190
1000 до 3000 кг	0,047	0,052	0,058	0,199	0,224	0,249
3000 до 6000 кг	0,063	0,070	0,078	0,290	0,327	0,364
свыше 6000 кг	0,063	0,070	0,078	0,342	0,385	0,428
Автобусы (класс)						
особо малый	0,023	0,025	0,028	0,136	0,153	0,171
малый	0,054	0,06	0,069	0,222	0,250	0,278
средний	0,063	0,070	0,078	0,350	0,394	0,439
большой	0,063	0,070	0,078	0,390	0,439	0,489

Данные по расходу бензина при прогреве двигателя на х.х., приведенные в табл. 5, соответствуют ситуации, когда на ДПП не проводится работа по контролю токсичности ОГ в соответствии с ГОСТ 17.2.2.03-87 ($k_{xx} = 1$). При проведении контроля величины q_{np} и q_{xx} снижаются, что учитывается k_{xx} . При проведении контроля на токсичность ОГ только при ТО-2 $k_{xx} = 0,87$, при организации контроля при выпуске на линию $k_{xx} = 0,79$. Валовый выброс соединений свинца рассчитывается отдельно для каждого периода года, кг

$$(M_c)^y := \sum_{k=1}^p \alpha_i \cdot (M_{ck} + M_{ck}) \cdot N_k \cdot \Delta\rho \cdot 10^{-3}$$

Полученные результаты затем суммируются, кг.
 $M_i^0 = M_c + M_c + M_c$

Максимально разовый выброс соединений свинца &c рассчитывается для месяца с наиболее низкой реднемесячной температурой по формуле, г/с.

$$G_c := \frac{\sum_{k=1}^p (q_{npik} \cdot t_{np} \cdot k_{xx} + q_{ik} \cdot L_1 + q_{xx} \cdot k_{xxi}) \cdot \alpha \cdot N_k \cdot 0.7 \cdot d_c}{60 t_p}$$

При хранении грузовых автомобилей и автобусов на закрытых стоянках расчет выбросов выполняется как для теплого периода года

2.3 ПРИМЕР-РАСЧЕТА

на АТП открытая стоянка автомобилей. Типы автомобилей: КАМАЗ грузоподъемностью 8 т, ЗИЛ-130 (q= 5 т), ЗИЛ-155 (q= 5 т) , ГАЗ-52 { q= 2,5 т) , ГАЗ-53 (q= 3,5 т) , автопогрузчик (q = 3 , 5 т), Время прогрева двигателя 2 - 3 мин , в холодный период года работа двигателей на холостом -ходу (х.х.)- 2 мин. Используемое топливо А-76 и дизельное (КАМАЗ, автопогрузчик). Исходные данные приведены в табл. 6. Рассчитать выброс загрязняющих атмосферу веществ: оксида углерода СО, углеводорода (СН), оксидов азота NO₂, сажи и соединений свинца Рв

Определить валовый выброс загрязняющих веществ всеми автомобилями к -й группы в хозяйстве (т/год) и их максимально разовый выброс (г/с), если пробег каждого автомобиля от центра площадки до ворот 0,4 км в день,, пробег автопогрузчика 20 км в день.

Решение. В примере приводится расчет максимально разовых и валовых выбросов только для одного компонента отработавших газов - оксида углерода. Данные расчета по другим компонентам СН, NO₂, С, Р приведены в табл. 7.

Для автомобилей с карбюраторными двигателями рассчитывается выброс СО, СН, NO₂ и Р , для автомобилей с дизельными двигателями СО, СН, NO₂ и С.

1) Выброс i-го вещества одним автомобилем в день при выезде с территории и возврате, г

при выезде $M_{ik} := m_{npik} \cdot t_{np} + m_{ik} \cdot L_1 + m_{xxik} \cdot t_{x-x_1}$

при возврате $M_{ik} := m_{ik} \cdot L_2 + m_{xxik} \cdot t_{x-x_2}$

а) Теплый период года

выброс СО:

КАМАЗ – $M_{ik} = 5,1 \cdot 0,2 + 2,9 \cdot 2 \cdot 0,83 = 5,81$ г,

$M_{ik} = 5,1 \cdot 0,2 = 1,02$ г.

ЗИЛ-130 $M_{ik} = 47,4 \cdot 0,2 + 18,1 \cdot 2 \cdot 0,83 = 39,5$ г,

$M_{ik} = 47,4 \cdot 0,2 = 9,48$ г.

ЗИЛ-155 $M_{ik} = 47,4 \cdot 0,2 + 18,1 \cdot 2 \cdot 0,83 = 39,5$ г,

$M_{ik} = 47,4 \cdot 0,2 = 9,48$ г

ГАЗ-52 $M_{ik} = 27,6 \cdot 0,2 + 8,1 \cdot 0,2 \cdot 0,83 = 18,96$ г,

$M_{ik} = 27,6 \cdot 0,2 = 5,52$ г.

ГАЗ-53 $M_{ik} = 27,6 \cdot 0,2 + 8,1 \cdot 0,2 \cdot 0,83 = 18,96$ г,

$M_{ik} = 27,6 \cdot 0,2 = 5,52$ г.

Автопогрузчик $M_{ik} = 3,2 \cdot 20 + 1,54 \cdot 30 \cdot 0,83 = 44,55$ г

(автопогрузчик с территории предприятия не выезжает). Время работы двигателя -на х.х. 30 мин. в течение рабочего дня.

- 32 -

б) Холодный период года

выброс СО:

КАМАЗ $M'_{ik} = 4,37 \cdot 3 \cdot 0,83 + 6,2 \cdot 0,2 + 2,9 \cdot 2 \cdot 0,83 = 16,9$ г,

$M''_{ik} = 6,2 \cdot 0,2 = 1,24$ г.

ЗИЛ-130 $M'_{ik} = 44,5 \cdot 0,83 \cdot 2 + 59,3 \cdot 0,2 + 18,1 \cdot 2 \cdot 0,83 = 115,8$ г.

$M''_{ik} = 59,3 \cdot 0,2 = 11,86$ г.

ЗИЛ-155 $M'_{ik} = 44,5 \cdot 0,83 \cdot 2 + 59,3 \cdot 0,2 + 18,1 \cdot 2 \cdot 0,83 = 115,8$ г,

$M''_{ik} = 59,3 \cdot 0,2 = 11,86$ г.

ГАЗ-52 $M'_{ik} = 21,8 \cdot 0,83 \cdot 2 + 34,4 \cdot 0,2 + 8,1 \cdot 2 \cdot 0,83 = 56,5$ г,

$M''_{ik} = 34,4 \cdot 0,2 = 6,88$ г.

ГАЗ-53 $M'_{ik} = 21,8 \cdot 0,83 \cdot 2 + 34,4 \cdot 0,2 + 8,1 \cdot 2 \cdot 0,83 = 56,5$ г,

$M''_{ik} = 34,4 \cdot 0,2 = 6,88$ г.

Автопогрузчик $M'_{ik} = 2,36*3*0,83+1,54*30+3,9*20 = 130,08$ г.

в) Переходный период года

Выброс CO умножается на 0,9% значения холодного периода

КАМАЗ $M'_{ik} = 15,21$ г; $M''_{ik} = 1,11$ г;

ЗИЛ-130 и ЗИЛ-155 $M'_{ik} = 104,2$ г; $M''_{ik} = 10,67$ г;

ГАЗ-52 и ГАЗ-53 $M'_{ik} = 50,85$ г; $M''_{ik} = 6,19$ г.

Автопогрузчик $M'_{ik} = 117,1$ г;

В примере расчет выброса других веществ CH_2 , NO_2 и C не приводится ввиду большого объема. Расчет выброса CH_2 , NO_2 и C следует проводить аналогично CO. Исходные данные и результаты расчета валовых выбросов CH_2 , NO_2 и C и Pb приводятся в сводных табл. 6 и 7.

2) Валовой выброс i -го вещества автомобилями рассчитывается отдельно для каждого периода года, кг

$$M_i^x = \sum_{k=1}^p \alpha \Delta (M'_{ik} + M''_{ik}) N_k \ddot{A}_p 10^{-3}$$

Для определения общего валового выброса выбросы одноименных веществ по периодам года суммируются, кг/год

$$M_i^o = M_i^T + M_i^x + M_i^n$$

- 33 -

а) Теплый период года

выброс CO:

КАМАЗ $M_{co}^T = (5,81+1,02) * 1 * 79 * 10^{-3} = 0,539$ кг,

ЗИЛ-130 и ЗИЛ-155 $M_{co}^T = \sum_{k=1}^2 1 * (39,5 + 9,48) * 2 * 79 * 10^{-3} = 7,74$ т ,

ГАЗ-52 и ГАЗ-53 $M_{co}^T = \sum_{k=1}^2 1 * (18,96 + 5,52) * 2 * 79 * 10^{-3} = 3,87$ т ,

Автопогрузчик $M_{co}^T = 44,75 * 1 * 79 * 10^{-3} = 3,54$ кг.

$$\sum M_{co}^T = 15,69 \text{ т}$$

б) Холодный период года

КАМАЗ $M_{co}^x = (16,9 + 1,24) * 1 * 130 * 10^{-3} = 2,36$ т,

ЗИЛ-130 и ЗИЛ-155 $M_{co}^x = \sum_{k=1}^2 1 * (115,8 + 11,86) * 2 * 130 * 10^{-3} = 33,19$ т,

ГАЗ-52 и ГАЗ-53 $M_{co}^x = \sum_{k=1}^2 1 * (56,5 + 6,88) * 2 * 130 * 10^{-3} = 16,48$ т,

Автопогрузчик $M_{co}^x = 130,08 * 1 * 130 * 10^{-3} = 16,91$ т.

$$\sum M_{co}^x = 68,94 \text{ т}$$

в) Переходный период года

КАМАЗ $M_{co}^n = (15,21 + 1,12) * 1 * 102 * 10^{-3} = 1,67$ т,

ЗИЛ-130 и ЗИЛ-155 $M_{co}^n = \sum_{k=1}^2 1 * (104,22 + 10,67) * 2 * 102 * 10^{-3} = 23,44$ т,

ГАЗ-52 и ГАЗ-53 $M_{co}^n = \sum_{k=1}^2 1 * (50,85 + 6,19) * 2 * 102 * 10^{-3} = 11,64$ т,

Автопогрузчик $M_{co}^n = 117,07 * 1 * 102 * 10^{-3} = 11,94$ т.

$$\sum M_{co}^n = 48,69 \text{ т/год}$$

Общий валовый выброс $M_{co}^o = M_{co}^T + M_{co}^x + M_{co}^n = 15,69 + 68,94 + 48,69 = 133 \text{ т/год}$.

В результате того, что расчет валового выброса оксида углерода проводится для трех временных периодов года (теплый, переходный, холодный), общий валовый выброс составит 0,133 т/год.

3) Максимальный разовый выброс i -го вещества (для месяца с наиболее низкой среднемесячной температурой (январь))-определяется по формуле, г/с

$$G_i = \frac{\sum_{k=1}^p (m_{npik} t_{np} + m_{uk} L + m_{xx} t_{xxk}) \alpha \Delta N_k}{60 t_p},$$

где $t_p = 90$ мин – время разезда автомобилей.

$$G_{co} = \frac{(44,5 * 0,83 * 2 + 59,3 * 0,2 + 18,1 * 2 * 0,83) * 1 * 2 + (21,8 * 0,83 * 2 + 34,4 * 0,2 + 8,1 * 2 * 0,83) * 1 * 2 + (4,37 * 0,83 * 3 + 6,2 * 0,2 + 2,9 * 0,83 * 2) * 1 * 1 + (2,36 * 0,83 * 3 + 1,54 * 30 + 3,9 * 20) * 1 * 1}{60 * 90} = 0,059 \text{ т/год}$$

- 34 -

4) Выброс соединений свинца одним автомобилем k -й группы при выезде с территории АТП и возврате, г

$$\text{при выезде} \quad M'_{ck} = 0,7 dc (q_{npk} t_{np} k_{cx} + q_{Lk} L_1 + q_{xx} t_{xxk} k_{cx}),$$

$$\text{при возврате} \quad M''_{ck} = 0,7 dc (q_{Lk} L_2 + q_{xx} t_{xxk} k_{cx}),$$

где dc – содержание свинца в 1 л бензина (АИ-93 - 0,37 г/л, А-76 - 0,17 г/л).

а) Теплый период года
свинец (Pb)

$$\text{ЗИЛ-130 и ЗИЛ-155} \quad M'_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,290 * 0,2 + 0,063 * 2 * 0,87) = 0,020 \text{ т/год}$$

$$M''_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,290 * 0,2) = 0,0069 \text{ т/год}$$

$$\text{ГАЗ-52 и ГАЗ-53} \quad M'_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,199 * 0,2 + 0,047 * 2 * 0,87) = 0,014 \text{ т/год}$$

$$M''_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,199 * 0,2) = 0,0048 \text{ т/год}$$

б) Переходный период года

$$\text{ЗИЛ-130 и ЗИЛ-155} \quad M'_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,327 * 0,2 + 0,07 * 2 * 0,87) = 0,022 \text{ т/год}$$

$$M''_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,327 * 0,2) = 0,0077 \text{ т/год}$$

$$\text{ГАЗ-52 и ГАЗ-53} \quad M'_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,224 * 0,2 + 0,052 * 2 * 0,87) = 0,016 \text{ т/год}$$

$$M''_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,224 * 0,2) = 0,0054 \text{ т/год}$$

в) Холодный период года

$$\text{ЗИЛ-130 и ЗИЛ-155} \quad M'_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,364 * 0,2 + 0,078 * 2 * 0,87 + 0,078 * 0,2 * 0,87) = 0,041 \text{ т/год}$$

$$M''_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,364 * 0,2) = 0,0087 \text{ т/год}$$

$$\text{ГАЗ-52 и ГАЗ-53} \quad M'_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,249 * 0,2 + 0,058 * 2 * 0,87 + 0,058 * 0,2 * 0,87) = 0,0299 \text{ т/год}$$

$$M''_{cx} = 0,7 * 0,17 * (0,249 * 0,2) = 0,006 \text{ т/год}$$

5) Валовый выброс соединений свинца рассчитывается отдельно для каждого периода года, кг

$$M_c^x = \sum_{k=1}^p \alpha x (M'_{cx} + M''_{cx}) N_k \ddot{A}_p 10^{-3}.$$

- 35 -

Полученные результаты затем суммируются, кг

$$M_c^o = M_c^T + M_c^x + M_c^n.$$

а) Теплый период года

ЗИЛ-130, ЗИЛ-155

$$M_c^T = \sum_{k=1}^2 1 * (0,020 + 0,0069) * 2 * 79 * 10^{-3} = 0,0042 \text{ êã } ,$$

ГАЗ-52, ГАЗ-53

$$M_c^T = \sum_{k=1}^2 1(0,014 + 0,0048) * 2 * 79 * 10^{-3} = 0,0029 \text{ êã } .$$

$$\sum M_c^T = 0,0071 \text{ êã}$$

б) Переходный период года

ЗИЛ-130, ЗИЛ-155

$$M_c^n = \sum_{k=1}^2 1 * (0,022 + 0,0077) * 2 * 102 * 10^{-3} = 0,0061 \text{ êã } ,$$

ГАЗ-52, ГАЗ-53

$$M_c^n = \sum_{k=1}^2 1(0,016 + 0,0054) * 2 * 102 * 10^{-3} = 0,0043 \text{ êã } .$$

$$\sum M_c^n = 0,0104 \text{ êã}$$

в) Холодный период года

ЗИЛ-130, ЗИЛ-155

$$M_c^x = \sum_{k=1}^2 1 * (0,041 + 0,0087) * 2 * 130 * 10^{-3} = 0,0129 \text{ êã } ,$$

ГАЗ-52, ГАЗ-53

$$M_c^x = \sum_{k=1}^2 1(0,0299 + 0,006) * 2 * 130 * 10^{-3} = 0,0093 \text{ êã } .$$

$$\sum M_c^x = 0,0222 \text{ êã}$$

Валовый выброс соединений свинца составил

$$M_c^o = M_c^T + M_c^n + M_c^x = 0,0071 + 0,0104 + 0,0222 = 0,0397 \text{ êã/ãã } = 3,97 * 10^{-5} \text{ ò/ãã } .$$

б) Максимально разовый выброс соединений свинца (G_c , г/с) на территории АТП в холодный период (в январе) рассчитывается по формуле, г/с

$$G_c = \frac{\sum_{k=1}^p (q_{npk} t_{np} k_{xx} + q_{Lk} L_1 + q_{xx} t_{xx} k_{xx}) \alpha \Delta N_k}{60 t_p} 0,7 dc$$

$$G_c = \frac{\sum_{k=1}^{\Delta} (0,058 * 2 * 0,87 + 0,249 * 0,2 + 0,058 * 2 * 0,87) * 1 * 2 * 0,7 * 0,12}{60 * 90} +$$

$$+ \frac{(0,078 * 2 * 0,87 + 0,364 * 0,2 + 0,078 * 2 * 0,87) * 1 * 2 * 0,7 * 0,12}{60 * 90} = 2,63 * 10^{-5} \text{ ã/ñ} .$$

Т а б л и ц а 6

Тип автомобиля	Грузо- подъем- ность <i>q, т</i>	Тип двигате- ля	Время прогре- вания двигате- ля <i>t, мин</i>	Пробег автомоби- ли в день до ездных ворот <i>L, км</i>	Время работы двигате- ля на X.X. <i>t, мин</i>	Исполь- зуемб топливо	Периоды года			Контроль вредных веществ на ток- сичность
							тепл.	перех.	хол.	
Открытая стоянка				Территория АТП						
КАМАЗ	8	Дизел.	3,0	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	2,0	Дизел.	+	+	+	СЭС на СО
ЗИЛ-130	5	Карбюр.	2,0	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	2,0	А-76	+	+	+	
ЗИЛ-155	5	Карбюр.	2,0	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	2,0	А-76	+	+	+	
ГАЗ-52	2,5	Карбюр.	2,0	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	2,0	А-76	+	+	+	
ГАЗ-53	3,5	Карбюр.	2,0	$0,2 \cdot 2 = 0,4$	2,0	А-76	+	+	+	
Автопогрузчик "Болкар"	3	Дизел.	3,0	$40 \cdot 0,5 = 20$	20-30	Дизел.	+	+	+	!

П р и м е ч а н и е : автопогрузчик "Болкар" с территории АТП не выезжает, время ра-
боты 4 ч , скорость 5 км/ч, пробег за рабочий день 20 км.

- 37 -

Т а б л и ц а 7

Валовые выбросы отработавших газов автомобилями при выезде и возврате на территорию АТП

Автомобили	<i>M_i, кг</i>					Общий валовый выброс. <i>M</i> т/год				
	теплый период года		холодный период года			СО	СН	NO ₂	С	Р _б
	СО	СН	NO ₂	С	Р _б					
КАМАЗ	$\frac{0,539}{2,36}$	$\frac{0,066}{0,37}$	$\frac{0,269}{0,73}$	$\frac{0,118}{0,96}$	-	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	-
ЗИЛ-130	$\frac{7,738}{33,19}$	$\frac{1,06}{6,26}$	$\frac{0,126}{0,343}$	-	$\frac{4,2 \cdot 10^{-3}}{12,9 \cdot 10^{-3}}$	$6,4 \cdot 10^{-2}$	$1,17 \cdot 10^{-2}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$	-	$2,32 \cdot 10^{-5}$
ЗИЛ-155	$\frac{3,87}{16,48}$	$\frac{0,74}{2,69}$	$\frac{0,082}{0,208}$	-	$\frac{9,3 \cdot 10^{-3}}{9,3 \cdot 10^{-3}}$	$31,9 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$	-	$1,65 \cdot 10^{-5}$
ГАЗ-52	$\frac{3,87}{16,48}$	$\frac{0,74}{2,69}$	$\frac{0,082}{0,208}$	-	$\frac{9,3 \cdot 10^{-3}}{9,3 \cdot 10^{-3}}$	$31,9 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$	-	$1,65 \cdot 10^{-5}$
ГАЗ-53	$\frac{3,87}{16,48}$	$\frac{0,74}{2,69}$	$\frac{0,082}{0,208}$	-	$\frac{9,3 \cdot 10^{-3}}{9,3 \cdot 10^{-3}}$	$31,9 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$	-	$1,65 \cdot 10^{-5}$
Автопогруз- чик "Болкар"	$\frac{3,54}{16,91}$	$\frac{0,50}{1,29}$	$\frac{5,02}{7,99}$	$\frac{0,34}{0,85}$	-	$3,23 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$1,93 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	-
ИТОГО	$\frac{15,68}{68,94}$	$\frac{2,37}{10,8}$	$\frac{5,50}{9,27}$	$\frac{0,458}{1,81}$	$\frac{0,007}{0,022}$	0,133	0,021	0,022	0,0036	$3,97 \cdot 10^{-3}$

П р и м е ч а н и е . В таблице не приведены выбросы отработавших газов *M_i* (кг) для переходного периода, однако в графе общий валовый выброс *M* (т/год) они учтены.

Валовые выбросы (*M_i*, кг): в числителе - в теплый период года;
в знаменателе - в холодный период года.

- 38 -

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 2.1

Удельные выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями при хранении на закрытых стоянках

Вид выброса	Обозначение выбросов	Загрязняющее вещество		
		СО	СН	NO ₂
Удельный выброс при прогреве ДВС, г/мин	<i>Торик</i>	5,0	0,7	0,05
Удельный выброс при работе ДВС на х.х., г/мин	<i>Торик</i>	4,5	0,4	0,05
Пробеговой выброс при движении со скоростью 10 - 20 км/ч, г/км	<i>Торик</i>	17,0	1,7	0,4
Пробеговой выброс при движении по пандусу, г/км:	<i>Торик</i>	4,5	0,4	0,05
спуск				
подъем		20,0	1,5	3,0

Примечание: для газобаллонных автомобилей выбросы СО и СН должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ).

Таблица 2.2

Удельные выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями при хранении на открытых стоянках

Вид выброса	Обозначение выбросов	Загрязняющее вещество					
		СО		СН		NO ₂	
		Периоды					
		тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.
Удельный выброс при прогреве ДВС, г/мин	<i>Торик</i>	5,0	9,1	0,4	1,0	0,05	0,1
Удельный выброс при работе ДВС на х.х., г/мин	<i>Торик</i>	4,5	4,5	0,4	0,4	0,05	0,05
Пробеговой выброс при движении со скоростью 10 - 20 км/ч, г/км	<i>Торик</i>	17,0	21,3	1,7	2,5	0,4	0,3

Примечания: 1. Для газобаллонных автомобилей выбросы СО и СН должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ). 2. В переходный период выбросы СО и СН

Т а б л и ц а 2.3

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ грузовыми
автомобилями

Грузоподъем- ность q , кг	Тип двигате- ля	Пробеговой выброс загрязняющих веществ							
		Мг/км				г/км			
		CO		CH		NO ₂		C	
		Периоды года							
		тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.
$q \leq 1000$	Карбюр.	19,6	24,3	3,5	4,2	0,4	0,3	-	-
	Дизельн.	27,6	34,4	4,9	6,0	0,6	0,5	-	-
$1000 \leq q \leq 3000$	Карбюр.	3,2	3,9	0,6	0,7	2,5	2,3	0,2	0,3
	Дизельн.	47,4	59,3	8,5	10,3	1,0	0,8	-	-
$3000 \leq q \leq 6000$	Карбюр.	4,2	5,0	0,7	0,9	3,0	2,4	0,2	0,3
	Дизельн.	55,3	68,8	9,9	11,9	1,2	0,9	-	-
$q \geq 6000$	Карбюр.	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	2,7	0,2	0,3
	Дизельн.	79,0	98,8	10,2	12,4	1,8	1,4	-	-
Автопоезда $q \geq 10000$	Карбюр.	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	3,5	0,3	0,4
	Дизельн.								

Примечания: 1. Для газобаллонных автомобилей пробеговые выбросы CO, CH должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ). 2. В переходный период значения выбросов CO, CH и C должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO₂ равны выбросам в холодный период.

Т а б л и ц а 2.4

Удельные выбросы загрязняющих веществ грузовыми
автомобилями в процессе прогрева двигателя

Грузоподъем- ность q кг	Тип двигате- ля	Удельный выброс загрязняющих веществ							
		Мг/л				г/мин			
		CO		CH		NO ₂		C	
		Периоды года							
		тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.	тепл.	хол.
$q \leq 1000$	Карбюр.	4,5	9,1	0,4	1,0	0,5	0,1	-	-
	Дизельн.	8,1	21,8	1,6	3,6	0,1	0,2	-	-
$1000 \leq q \leq 3000$	Карбюр.	1,54	2,56	0,2	0,5	0,45	0,65	0,01	0,08
	Дизельн.	1,92	1,92	0,32	0,32	0,45	0,45		0,05
$3000 \leq q \leq 6000$	Карбюр.	18,1	44,5	2,9	8,7	0,2	0,3	-	-
	Дизельн.	2,8	26,1	0,3	5,4	0,2	0,2	0,03	0,21
		3,6	4,37	0,54	0,6	0,62	0,84		0,12

Примечания: 1. Для холодного периода года в числителе приведены данные для автомобилей, хранящихся на открытых площадках без средств подогрева, в знаменателе - при наличии средств подогрева. В переходный период значения выбросов CO, CH и C долины умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO₂ равны выбросам в холодный период, 2. Для

газобаллонных автомобилей значения выбросов CO и CH должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (Сжатый газ).

Т а б л и ц а 2.5
Пробеговые выбросы загрязняющих веществ автобусами

Класс автобуса	Тип двигателя	Пробеговой выброс загрязняющих веществ									
		г/км									
		CO		CH		NO ₂		C			
		Периоды года									
тепл.		хол.		тепл.		хол.		тепл.		хол.	
Особо малый РАФ, УАЗ	Карбюр.	19,5	24,5	3,5	4,2	0,4	0,3	-	-	-	-
Малый, ПАЗ, КАВЗ	Карбюр.	27,6	34,4	4,9	6,0	0,6	0,5	-	-	-	-
Средний ЛАЗ	Карбюр.	47,4	59,3	8,5	10,3	1,0	0,8	-	-	-	-
Большой ЛАЗ, ЛиАЗ	Карбюр.	55,3	66,8	9,9	11,9	1,2	0,9	-	-	-	-
Икарус	Дизель	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	2,7	0,2	0,3	-	-
Особо большой Икарус-280	Дизель	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	3,5	0,3	0,4	-	-

Примечания: 1. Для газобаллонных автобусов, работающих на сжатом газе, пробеговые выбросы CO, CH должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ). 2. В переходный период значения выбросов CO, CH и C должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO₂ равны выбросам в холодный период.

Т а б л и ц а 2.6
Удельные выбросы загрязняющих веществ автобусами в процессе прогрева двигателя

Класс автобуса	Тип двигателя	Удельный выброс загрязняющих веществ									
		г/мин									
		CO		CH		NO ₂		C			
		Периоды года									
тепл.		хол.		тепл.		хол.		тепл.		хол.	
3		4		5		6		7		8	
Особо малый РАФ, УАЗ	Карбюр.	4,5	9,1	0,4	1,0	0,05	0,1	-	-	-	-
			6,2		0,65		0,05				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Малый ПАЗ, КАвЗ	Карбюр.	8,1	21,8	1,6	3,6	0,1	0,2	-	-
			14,2		2,4		0,1		
Средний ЛАЗ	Карбюр.	18,1	44,5	2,9	8,7	0,2	0,3	-	-
			26,1		5,4		0,2		
Большой ЛАЗ, ЛиАЗ	Карбюр.	23,4	57,2	3,3	9,1	0,2	0,3	-	-
			33,8		6,3		0,2		
Икарус	Дизельн.	2,9	8,18	0,4	1,1	1,0	2,0	0,04	35
			5,3		0,7		1,0		

Примечания: 1. Для холодного периода года в числителе приведены данные для автобусов, хранящихся на открытых площадках без средств подогрева. В переходный период значения выбросов CO , CH и C должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO_2 равны выбросам в холодный период. 2. Для газобаллонных автобусов значения выбросов CO и CH должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ).

Таблица 2.7

- , Удельные выбросы загрязняющих веществ при работе двигателя на холостом ходу

Категория автомобилей	Тип двигателя	Удельный вес загрязняющих веществ			
		CO	CH	NO_2	C
Грузовые автомобили грузоподъемностью: до 1000 кг	Карбюр.	4,5	0,4	0,05	-
	Дизельн.	1,54	0,2	0,45	0,01
от 1000 до 3000 кг	Карбюр.	8,1	1,6	0,1	-
	Дизельн.	1,54	0,2	0,45	0,01
от 3000 до 6000 кг	Карбюр.	18,1	2,9	0,2	-
	Дизельн.	2,8	0,3	0,62	0,03
свыше 6000 кг	Карбюр.	23,4	3,3	0,2	-
	Дизельн.	2,9	0,3	1,0	0,04
Автопоезд	Карбюр.	18,1	2,9	0,2	-
	Дизельн.	2,9	0,3	1,0	0,04
Автобусы (класс): особо малый	Карбюр.	4,5	0,4	0,05	-
	Карбюр.	8,1	1,6	0,1	-
малый	Карбюр.	8,1	1,6	0,1	-
средний	Карбюр.	18,1	2,9	0,2	-
большой ЛАЗ, ЛиАЗ	Карбюр.	23,4	3,3	0,2	-
	Дизельн.	2,9	0,4	1,0	0,04

Категория автомобилей	Тип двигателя	Удельный вес загрязняющих веществ			
		г/мин			
		СО	СН	NO _x	С
большой (Икарус-250)	Дизельн.	4,6	0,5	0,6I	0,03
особо большой Икарус-280	Дизельн.	4,6	0,5	0,6I	0,03

Тема 3. ОЦЕНКА ШУМОВОГО ФОНА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ (СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЕ) ГОРОДОВ.

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Города насыщены многочисленными источниками шума, уровни и ареалы которых постоянно возрастают. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что высокие уровни городских шумов мешают нормальному отдыху, трудовой деятельности людей и являются причиной многих заболеваний. Установлено, что от 30 до 40% городского населения живет и работает в условиях акустического дискомфорта.

Источниками внешнего шума в городах являются:

- потоки всех видов наземного автомобильного и рельсового транспорта;
- авиационный транспорт в аэропортах и зонах воздушных подходов к аэродромам;
- площадки для погрузочно-разгрузочных работ объектов транспорта, предприятий торговли и других коммунально-бытовых учреждений обслуживания;
- промышленные предприятия, отдельные установки и агрегаты;
- открытые спортивные сооружения и игровые площадки;
- механизмы и установки, выполняющие работы по строительству, уборке и благоустройству городских территорий и др.

Разработка средств и методов шумозащиты, способствующих обеспечению нормативных уровней шума в проектах планировки и застройки городов, осуществляется на основе акустических расчетов уровней шума источников, ожидаемого шумового режима в характерных точках защищаемого объекта и оценки обеспеченности его акустическим комфортом.

- 43 -

Оценка соответствия шумового фона, создаваемого транспортными потоками в жилых застройках городов, нормативным уровням звука на защищаемых от шума объектах производится по формуле:

$$\gamma = L_{\text{дв}} - L_{\text{дв}} + A_1 + A_2 + A_3 + A_4,$$

где $L_{\text{дв}}$ – допустимый уровень звука для защищаемого объекта или территории, дБА;

$L_{\text{экв}}$ – эквивалентный уровень звука от транспортных потоков на улицах и дорогах городов, дБА;

A_1 – снижение шума в приземном воздушном пространстве $L_{\text{экв}}$ с учетом расстояния и типа поверхности земли дБА;

A_2 – снижение шума на пути его распространения за счет экранирующих барьеров, дБА;

A_3 – снижение шума при наличии на пути его распространения защитных полос зеленых насаждений, дБА;

A_4 – снижение шума за счет звукоизоляции оконных проемов, дБА.

Положительное значение γ характеризует обеспеченность нормативного уровня звука (или условий акустического комфорта) в расчетной точке, а отрицательное - необходимое снижение уровня звука, достигаемое снижением шума в источнике ($L_{\text{экв}}$) или повышением шумозащитных качеств средств, препятствующих распространению шума ($A_1; A_2; A_3; A_4$).

Точки расчета оцениваемых уровней звука располагают на кратчайшем расстоянии от источника, в наиболее характерных местах: для зданий и сооружений – в 2 м от наружных ограждающих стен на высоте 1,5 м от пола первого и последнего этажа; для территорий - не менее чем в 2 м от стен окружающих зданий и сооружений на высоте 1,5 м от поверхности земли; для помещений – в 2 м от окна на высоте 1,5 м от поверхности пола.

Оценку уровня звука в точке расчета выполняют для дневного и ночного периода суток (с 7 до 23 ч и с 23 до 7 ч.), при этом в дневное время в расчет берется максимальное количество транспортных средств в часы пик.

3.2. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

3.2.1. Допустимый уровень звука для защищаемого объекта или территории ($L_{экв.дон}$)
 Допустимые значения (эквивалентных уровней звука на территориях и в помещениях жилых и общественных зданий устанавливаются по СН 3077-84 [3.3] (табл. 3.1 приложения) с учетом поправок к ним на место расположения объекта (табл. 3.2 приложения)

3.2.2. Эквивалентный уровень звука от транспортных потоков ($L_{экв}$)

Шумовой характеристикой транспортного потока является эквивалентный уровень звука $L_{экв}$, дБА на расстоянии 7,5 м от оси полосы движения транспортных средств.

Метод натуральных измерений шумовой характеристики устанавливается ГОСТ 20444-85 [3.3]

Однако при решении задач прогнозирования приходится определять шумовые характеристики транспортных потоков расчетным путем по формуле:

$$L_{ay\acute{e}\acute{a}} = L'_{ay\acute{e}\acute{a}} + \sum_{i=1}^u \Delta L_{ay\acute{e}\acute{a}i}$$

где $L'_{ay\acute{e}\acute{a}}$ - эквивалентный уровень звука, определяемый в зависимости от максимальной интенсивности движения (Z , ед/ч, средневзвешенной скорости движения V , км/ч, и состава транспортного

потока p , %, по номограмме, разработанной НИИСФ и НИИМосстроя, дБА (рис. 1);

$\sum_{i=1}^u \Delta L_{ay\acute{e}\acute{a}i}$ - сумма поправок к эквивалентному уровню звука ($L'_{ay\acute{e}\acute{a}}$) на влияющие факторы,

определяемые в зависимости от продольного уклона проезжей части участка улицы или дороги, шероховатости поверхности и типа дорожного покрытия проезжей части по табл.3.3 приложения, где $i = 1, 2, 3$ - порядковый номер вышеперечисленных поправок .

Статистическая модель шумовых характеристик транспортных потоков, представленная номограммой, может быть выражена в виде:

$$L_{ay\acute{e}\acute{a}} = (6 + 0,025\vec{V} + 0,0375p) \lg Q + 1,7N + 45$$

- 45 -

$$L_{ay\acute{e}\acute{a}} = 10 \lg Q + 13,3 \lg \vec{V} + 8,4 \lg p$$

где $L_{ay\acute{e}\acute{a}}$ - шумовая характеристика транспортного потока, дБА;

Q - интенсивность движения транспортного потока, ед/ч;

\vec{V} - средневзвешенная скорость движения транспортного потока, км/ч;

p - состав транспортного потока (доля грузовых и общественных транспортных средств от общего числа транспортных средств в потоке), %.

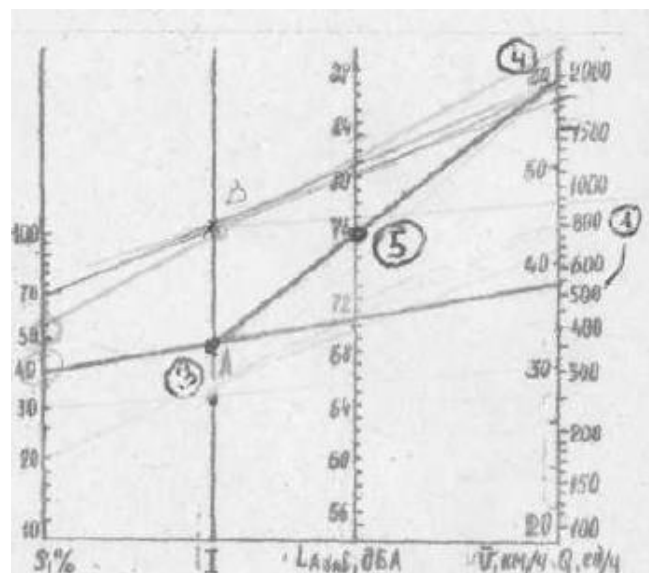


Рис. 1. Номограмма для определения эквивалентного уровня звука транспортных потоков

Дано: Q , p , V . Решение: $p \rightarrow \vec{V}$
 находим T, A ; $A \rightarrow Q$ находим $L_{ay\acute{e}\acute{a}}$ экв.

3.2.3. Снижение шума в приземном воздушном пространстве (A_1)

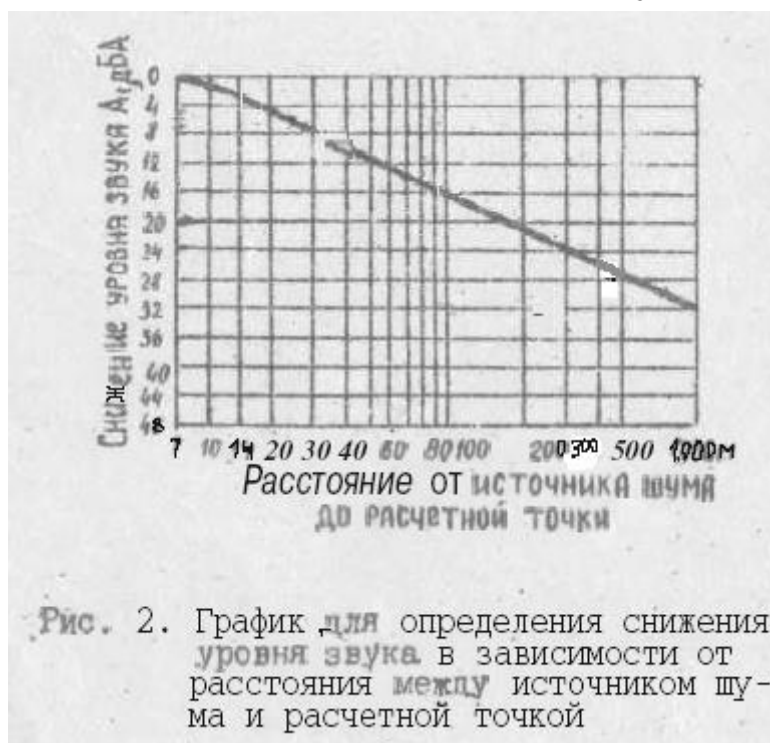
Относительное снижение шума, создаваемого транспортными потоками в воздушной среде на открытой ровной территории (A_1), определяется по графику (рис. 2).

При распространении звука над поверхностью земли необходимо учитывать также дополнительное снижение шума за счет скользящего поглощения различными типами поверхностей. Для этого величину A_1 , найденную по графику на рис. 2, умножают на K_n – коэффициент поглощения:

- для поверхности земли с кустарником и деревьями $K_n = 1,4 - 1,2$; с газоном $K_n = 1,1$;
- для разрыхленной земли $K_n = 1,0$;
- асфальта, льда, воды $K_n = 0,9 - 0,8$.

Коэффициент K_n вводится в расчеты с учетом следующих требований:

- 46 -



- 1) для всех расчетных точек на высоте 5 м, удаленных от источника шума на расстояние до 100 м;
- 2) для всех расчетных точек на высоте не более 10 м, удаленных от источника шума на расстояние от 100 до 500 м;
- 3) для всех расчетных точек независимо от высоты при удалении их от источника шума на расстояние более 500 м.

3.2.4. Снижение шума на пути его распространения за счет экранирующих барьеров (A_2)

Относительное снижение уровня звука экранирующими сооружениями (A_2) рассчитывается путем определения длины пути прохождения звуковых волн σ . Для этого в произвольном масштабе вычерчивается схема расположения источника шума (ИШ) экрана (Э) и расчетной точки (РТ). Наиболее распространенные типы расчетных схем представлены на рис. 3.

По схеме необходимо определить графически длину линии a , b , c в метрах. Для получения более точных результатов рекомендуется пользоваться следующими формулами:

$$a = \sqrt{l_1^2 + (H - h_1)^2},$$

$$b = \sqrt{l_2^2 + (H - h_2)^2}, \quad (\text{при } H > h_2)$$

$$b = \sqrt{l_2^2 + (h_2 - H)^2}, \quad (\text{при } h_2 > H)$$

$$a = \sqrt{(l_1 + l_2)^2 + (h_2 - h_1)^2}.$$

- 47 -

где l_1 , l_2 - проекции расстояний до и после экрана, м;

h_1 - высота источника шума от поверхности земли (для транспортных потоков h_1 в расчетах берется 1), м;

h_2 - высота РТ от поверхности земли, м;

H — высота экрана, м.

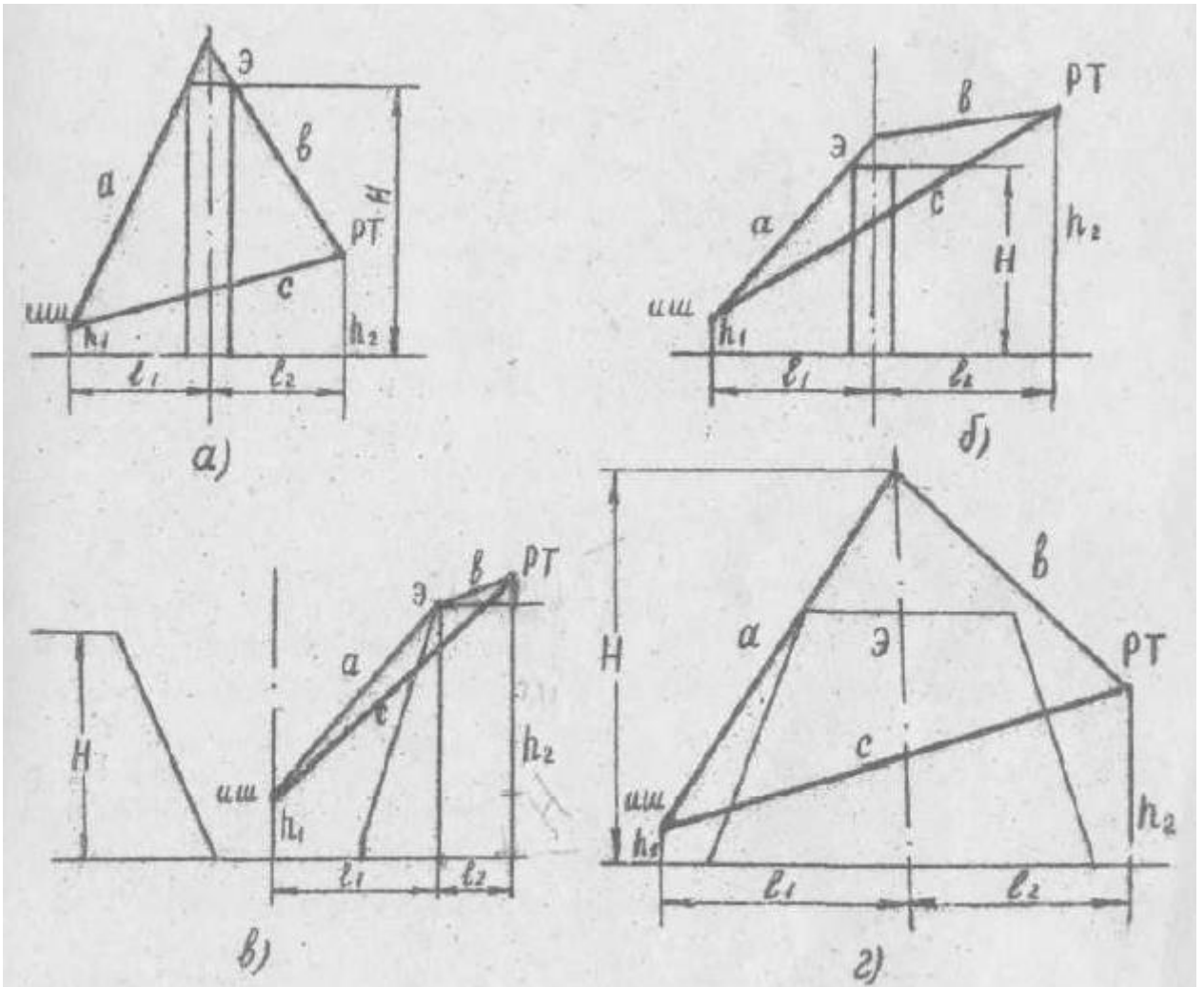


Рис. 3. Расчетные схемы для определения длины пути прохождения звуковых волн σ при экранировании источника шума: а; б - зданиями; в - выемками; г - насыпями

Длина пути прохождения звуковой волны σ определяется по формуле, м
 $\sigma = (a + b) - c$.

- 48 -

С учетом величины σ (м) По графику (рис. 4) определяется величина относительного снижения уровня звука экраном (A_2) в дБА.

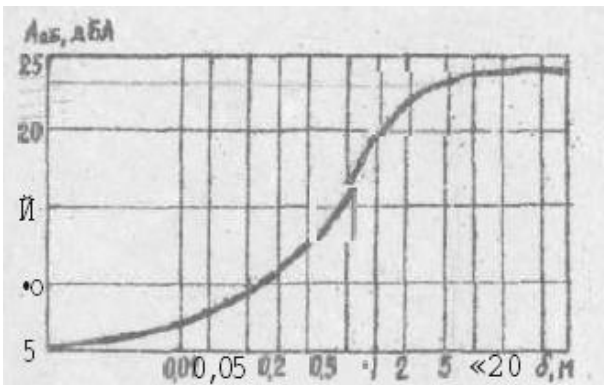


Рис. 4. График для определения снижения уровней звука (экраном (A_2)), дБА

Для экранов конечной длины (т.е. имеющих четкие границы) расчет A_2 рекомендуется продолжить, учитывая влияние границ на величину снижения уровня звука. С этой целью в произвольном масштабе вычерчивается схема расположения экрана (Э) и расчетной точки (РТ) в плане в соответствии со схемой на рис. 5 и определяются величины углов \angle_1 и \angle_2 . В зависимости от величины A_2 и углов \angle_1 и \angle_2 по табл. 3.4 Приложения определяют $\Delta\angle_1$ и $\Delta\angle_2$. Искомую величину A_2 для экрана конечной длины рассчитывают по формуле

$$A_2 = \Delta L_{\angle_1(\angle_2)} + W.$$

где $\Delta L_{L_1(L_2)}$ - наименьшая из величин ΔL_{L_1} и ΔL_{L_2} , найденных по табл. 3.4 приложения;
 W - поправка, дБА, по таблице.

Разность между ΔL_{L_1} и ΔL_{L_2} » дБА	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Поправка W , дБА	0	0,8	1,5	2,0	2,4	2,6	2,8	2,9	3,0

- 49 -

3.2.5. Снижение шума защитными полосами зеленых насаждений (A_3)

Шумозащитные полосы зеленых насаждений рекомендуется использовать в качестве дополнительного средства защиты от шума транспортных потоков.

Снижение шума зелеными насаждениями происходит, главным образом, за счет отражения, поглощения и трансформации звуковых колебаний. Наибольший эффект шумозащиты наблюдается в густых посадках, которые имеют плотную зеленую массу крон, деревьев и кустарников.

Акустический эффект снижения уровня звука определяют такие факторы, как ширина полосы, дендрологический состав и конструкция посадок. Зеленые насаждения, сформированные в виде специальных шумозащитных полос, могут давать эффект снижения шума до 8-10 дБА.

Наиболее эффективными шумозащитными полосами зеленых насаждений являются специальные плотные посадки из древесно-кустарниковых пород крупномерных, быстрорастущих, с густоветвящейся низкоопущенной плотной кроной. При этом подкрановое пространство должно быть закрыто кустарником в виде живой изгороди или подлеска. Со стороны источника шума целесообразно располагать наиболее густые посадки зеленых насаждений.

Посадка деревьев в полосе может быть рядовой или шахматная при расстоянии между деревьями не более 4 метров, высоте деревьев не менее 5-8 м и кустарника 1,5-2 м. При этом шахматная посадка является более эффективной для снижения уровня шума.

Зеленые насаждения из хвойных пород по сравнению с лиственными более эффективны по шумозащите и не зависят от времени года. Однако в городских условиях они растут плохо, поэтому их полезно объединять с лиственными породами деревьев. Данные по снижению шума специальными полосами зеленых насаждений (A_3) приведены в табл. 3.5 приложения.

3.2.6. Снижение шума за счет звукоизоляции оконных проемов (A_4)

Величина относительного снижения уровня звука в помещении за счет изолирующих свойств оконных проемов (открытых или закрытых) (A_4), дБА определяется по табл. 3.6 приложения. При этом

- 50 -

необходимо учитывать, что значения эффективности даны для конструкций рам, выполненных без дефектов (отсутствие щелей, неплотностей, с полным прилеганием рамы к строительным конструкциям и др.)

3.3. ПРИМЕР РАСЧЕТА

Проектируется новый жилой район вдоль городской магистрали с непрерывным движением автомобильного транспорта. Интенсивность в часы пик составляет 2000 авт./ч. Средняя скорость 30 км/ч, доля грузового транспорта составляет до 30%, продольный уклон дороги менее 20 %, покрытие - асфальт. Застройка 5-этажная, на расстоянии 20 м от кромки дороги.

Оценить шумовой режим у фасада здания, в жилых комнатах и рассмотреть возможность снижения уровня шума.

РШЕНИЕ.

1. В соответствии с табл. 3,1 приложения определяем величину допустимого уровня звука для территории (у фасада здания) и жилых комнат, дБА

$$L_{\text{доп.тер}} = 55 + 0;$$

$$L_{\text{доп.ком}} = 40 + 0 = 40.$$

2. По номограмме на рис. 1 (или расчетным формулам) определяем уровень звука, создаваемого транспортным потоком, дБА

$$L_{\text{ауэа}} = 73 + 0 + 0 = 73.$$

3. По рис. 2 находим значение величины снижения уровня шума в воздушной среде за счет расстояния (A_1); K_n принимаем равным 1:

$$A_1 = 10 * 1 = 10 \text{ дБА.}$$

4. Для жилого помещения по табл. 3.6 приложения определяем величину снижения шума за счет звукоизоляции оконных проемов

$$A_4 = 10 \text{ дБА.}$$

5. Оцениваем шумовой режим для территории (у фасада здания)

$$\gamma = 61 - 73 + 10 = -2 \text{ дБА;}$$

- 51 -

для жилого помещения:

$$\gamma = 40 - 73 + 10 + 10 = -13 \text{ дБА.}$$

Таким образом, ни у фасада здания, ни в жилых помещениях 1-го этажа не будут обеспечены требования СН 3077-84, В качестве возможного пути снижения шума можно рекомендовать устройство полос зеленых насаждений, за счет которых можно снизить уровень звука на 4 - 5 дБА. Однако для жилых помещений этого будет недостаточно и необходимы более радикальные решения (например, экранирование; перепланировка помещений в здании; снижение доли грузового транспорта в потоке и др.).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 3.1

Нормы допустимых уровней звука (по СН 3077-84)

Районы застройки, территории, помещения	Допустимые уровни звука	
	от ? до 23 ч	с 23 до 7 ч
Территории больниц и санаториев	45	35
Территории и зоны массового отдыха	50	-
Новый проектируемый жилой район города	55	45
Реконструируемый жилой район, со сложившейся застройкой	60	50
Промышленные районы или зоны, включающие жилую застройку	65	55
Территории жилой застройки в 2 .. м от зданий	55	45
Площадки отдыха в микрорайоне, сады, парки (зоны тихого отдыха)	45	-
Спортивные площадки	55	-
Спортивные залы	50	-
Стадионы	60	-
Палаты больниц, санаториев, операционные больницы	35	25
Жилые комнаты квартир	40	30
Жилые комнаты в общежитиях и гостиницах	45	35
Классы в школах	40	-
Конференц-залы, аудитории, кабинеты	40	-
Помещения управлений и конструкторских бюро в административных зданиях	50	-

Таблица 3.2
 Поправки к допустимым уровням звука (по СН 3077-84)

Влияющий фактор	Условия	Поправка,
Месторасположение объектов	Курортный район, места отдыха, туризма, зеленая зона города	-5
	Новый проектируемый жилой район	0
	Район существующей (сложившейся) застройки	+5

Таблица 3.3
 Поправки к эквивалентному уровню звука транспортных потоков

Влияющий фактор	Поправка $\Delta L_{экв}$, дБА	Влияющий фактор	Поправка $\Delta L_{экв}$, дБА		
1. Продольный уклон проезжей части участка улицы или дороги, %	20 и менее	2. Шероховатость поверхности дорожного покрытия проезжей части, мм	:		
	40			0,3 - 1,1	+1
	60			1,2 - 2,1	+2
	80			2,2 - 4,5	+3
	100			4,6 - 10	+4
	+4	3. Тип дорожного покрытия проезжей части:			
		асфальтобетон	0		
		бетон	+3		
		брусчатка	+5		

Таблица 3.4
 Снижение шума для экранов конечной длины

A_2 , дБА	ΔL_{α_1} и ΔL_{α_2} , дБА, в зависимости от углов $\alpha_{1,2}$, град								
	45	50	55	60	65	70	75	80	85
6	1,2	1,7	2,3	3,0	3,8	4,5	5,1	5,7	6,0
8	1,7	2,3	3,0	4,0	4,8	5,6	6,5	7,4	8,0
10	2,2	2,9	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	9,0	10,0
12	2,4	3,1	4,0	5,1	6,2	7,5	8,8	10,2	11,7
14	2,6	3,4	4,3	5,4	6,7	8,1	9,7	11,5	13,3

О к о н ч а н и е т а б л . 8.4

A ₂ , дБА	ΔL _{α1} и ΔL _{α2} , дБА, в зависимости от углов α ₁ и α ₂ , град								
	45	50	55	60	65	70	75	80	85
16	2,8	3,6	4,5	5,7	7,0	8,6	10,4	12,4	15,0
18	2,9	3,7	4,7	5,9	7,3	9,0	10,8	13,0	16,8
20	3,2	3,9	4,9	6,1	7,6	9,4	11,3	13,7	19,7
22	3,3	4,1	5,1	6,3	7,9	9,8	11,9	14,5	20,7
24	3,5	4,3	5,8	6,5	8,2	10,2	12,6	15,4	22,6

Т а б л и ц а 3.5

Снижение шума специальными полосами зеленых насаждений (A₃)

Ширина полосы, м	Характеристика шумозащитной полосы	Снижение уровня шума за полосой зеленых насажде- ний (A ₃), дБА
10	Однорядная при шахматной посадке дере- вьев внутри полоса	4 - 5
15	Четыре ряда хвойных деревьев; ели, лиственницы сибирской (в шахматной конструкции посадок) с кустарником в двухъярусной живой изгороди из дерна белого, клена татарского, акации жел- той, жимолости татарской	8 - 10
20	Пять рядов лиственных деревьев: липы мелколиственной, тополя бальзамического вяза обыкновенного, клена остролистного (в шахматной конструкции посадок) с кустарником в двухъярусной живой изго- роды и подлеском из сирени, кинолист- ной, жимолости татарской, боярышника сибирского	6 - 7
25	Шесть рядов лиственных деревьев; клена остролистного, вяза обыкновенного, ли- пы мелколистной, тополя бальзамическо- го (в шахматной конструкции посадок) с кустарником в двухъярусной живой изго- роды и подлеском из дерна белого, боя- рышника сибирского, клена татарского	7 - 8
30	Семь-восемь рядов листв. деревьев: липы мелколистной, клена остролистного, то- поля бальзамического, вяза обыкновен- ного (в шахматной конструкции посадок) с кустарником в двухъярусной живой из- городи и подлеском из клена татарского, жимолости татарской, боярышника сибир- ского, дерна белого	8 - 9

Т а б л и ц а 3.6

Снижение шума различными типами оконных проемов (Ад)

Конструкция окна	Толщина, мм		Число рядов уплотняющих прокладок	Относительное снижение уровня звука окном (A_d), дБА
	стекла	воздушного промежутка между стеклами		
С открытой форточкой, узкой створкой или фрамугой	-	-	-	10
Спасенное по ГОСТ 11214-78	3 и 3	55	1	24
	6 и 3	55	1	27
	6 и 4	55	2	20
Раздельное по ГОСТ 11214-78	3 и 3	90	1	25
	3 и 3	90	2	27
	6 и 3	90	2	30
С тройным остеклением по ГОСТ 16289-80	3,3 и 3	55 и 45	3	32
	3,3 и 3	55 и 105	3	33

3.3. Определение границ санитарно-защитной зоны промышленного предприятия по уровню шума

1. Определение границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ) промышленного предприятия производится первоначально расчетным путем на стадии проектирования (прилож. 1), а впоследствии границы СЗЗ уточняются путем измерения уровня шума.
2. При расчетном определении границ СЗЗ должны быть учтены все источники шума, оказывающие влияние на население в зоне расположения предприятия: соседние предприятия, автомагистрали и другие источники шума наземного транспорта и т.д.
3. Для санитарно-эпидемиологической экспертизы СЗЗ заявителем должны быть представлены следующие материалы:
 - характеристика источников шума и режимы работы производящего шум оборудования, а также других источников шума, которые должны учитываться при разработке СЗЗ. Характеристика должна включать все сведения, необходимые для расчета СЗЗ;
 - характеристика территории, для которой разрабатывается СЗЗ, с описанием граничащих с ней территорий;
 - результаты расчетов СЗЗ с описанием границы СЗЗ;
 - результаты измерений уровня шума, проведенных для уточнения границы СЗЗ;

- ситуационный план в масштабе 1:500 - 1:2000 с нанесенной границей СЗЗ.

4. При изменении характеристик источников шума предприятия в сторону увеличения интенсивности границы СЗЗ подлежат пересмотру с последующей экспертизой.

5. Для проведения измерений уровня шума с целью уточнения границ СЗЗ по результатам расчетов выбираются точки с наиболее критичными значениями уровня шума, то есть с потенциально наиболее выраженным неблагоприятным влиянием на территорию жилой застройки - существующей или планируемой. Первое измерение проводится на расчетной границе СЗЗ, а последующие в направлении к территории жилой застройки или от нее в зависимости от результатов первого измерения.

6. Во время измерений оборудование, являющееся источником шума, должно работать на полной мощности в соответствии с технологией. Необходимо учитывать генерацию шума и другими источниками, в т.ч. транспортом.

7. Уточненная граница СЗЗ должна соответствовать точкам на местности с уровнем шума, равным допустимому значению. Граница СЗЗ между точками, где проводились измерения, корректируется путем интерполяции с пропорциональным смещением расчетной границы в соответствии с результатами измерений. Измерения уровней шума рекомендуется проводить в зимнее и летнее время. В качестве границы СЗЗ выбирается наибольшее расстояние от предприятия до точки с допустимым уровнем шума.

3.4. Методика расчета санитарно-защитной зоны промышленного предприятия или иного промышленного объекта с источниками шума

В рассматриваемой методике дается общий подход к расчету ожидаемых уровней шума на жилой территории при работе различного количества источников шума на самом предприятии.

Методика рассматривает определение положения границы санитарно-защитной зоны (СЗЗ) по фактору шума вокруг предприятия в соответствии с гигиеническими нормативами (ГН) для территорий жилой застройки.

Для решения этой задачи используется система координат, включающая всю потенциальную площадь СЗЗ, в т.ч., площадь самого предприятия и прилегающую к нему жилую территорию.

В этом случае заданными являются фактические шумовые характеристики и координаты источников шума предприятия, а также ГН по шуму для жилой территории. Искомой величиной являются координаты границы СЗЗ.

В соответствии с методикой размер и форму СЗЗ предприятия предполагается определять по результатам расчетов октавных уровней звукового давления и уровней звука в дБА с учетом экранирования зданиями и сооружениями, размещенными на территории предприятия вокруг него, по выбранной координатной сетке и последующего автоматического построения линий заданного уровня шума по всей рассматриваемой территории.

При осуществлении расчета по формуле (1) методики определяется также превышение над нормативной величиной уровней шума для любой выбранной на территории жилого массива расчетной точки во всем нормируемом диапазоне частот, а также в дБА.

В соответствии с методикой предусматривается осуществлять выбор средств шумоглушения и последующую корректировку уровней звуковой мощности принятых источников шума за счет выбранных средств шумоглушения, проведение повторного расчета уровней шума и вычерчивание размера и формы СЗЗ предприятия после выполненных мероприятий.

Уровень звукового давления $L(i)$, дБ от 1-ого источника шума в любой точке на рассматриваемой территории рассчитывается по формуле* для каждой из октавных полос:

*Борьба с шумом на производстве. Справочник/ Под ред. Е. Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1985.

$$L_i = L_{pi} + K \lg \left(\left[\Phi_1 / r_1^2 + (1 - \alpha) \Phi_2 / r_2^2 \right] / \Omega \right) \cdot (1/2) - \beta_\alpha r_1 / 1000 + \Delta L(D) - \Delta L(H) - \Delta L(B) - \Delta L(F), \quad (1)$$

где L_{pi} - октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ, расположенного на промплощадке.

K - безразмерный коэффициент

K принимает значение, равное 20, для точечных источников шума (в соответствии с зависимостью, описанной формулой (11) в СНиП 23-03-2003).

K принимает значение, равное 15, для протяженных источников шума ограниченного размера (в соответствии с зависимостью, описанной формулой (12) в СНиП 23-03-2003).

r_1 - расстояние в метрах между источником шума и расчетной точкой, рассчитанное по формуле:

$$r_1 = \sqrt{(X_{(i)} - X_{(pm)})^2 + (Y_{(i)} - Y_{(pm)})^2 + (Z_{(i)} - Z_{(pm)})^2}, \quad (2)$$

где $X(i), Y(i), Z(i)$ - координаты источника шума по осям X, Y, Z в метрах;

$X_{(pm)}, Y_{(pm)}, Z_{(pm)}$ - координаты расчетной точки по осям X, Y, Z в метрах.

r_2 - расстояние (м) между зеркальным изображением источника шума при отражении от поверхности земли и расчетной точкой, рассчитанное по формуле:

$$r_2 = \sqrt{(X_{(i)} - X_{(pm)})^2 + (Y_{(i)} - Y_{(pm)})^2 + (Z_{(i)} - Z_{(pm)})^2} \quad (3)$$

$\Omega = 4\pi$ - полный пространственный угол в steradianах;

α - октавный коэффициент звукопоглощения поверхности земли - принимается равным 0,1 - для твердых поверхностей (асфальт, бетон) и 0,3 - для травяного и снежного покрова.

β_α - октавный коэффициент затухания звука в атмосфере на 1 км. Его величина определяется в зависимости от частоты:

Среднегеометрическая частота в октавных полосах, Гц	31,5	63	125	250	512	1000	2000	4000	8000
$\beta_{\text{ос}}$, дБ\км*	0	0	0,7	1,5	3,0	6,0	12,0	24,0	48,0

* в соответствии со [СНиП 23-03-2003](#)

Φ_1, Φ_2 - коэффициенты направленности излучения источника шума и его зеркального отражения, соответственно. Для ненаправленных источников шума значения Φ_1 и Φ_2 равны 1. Для направленных источников шума Φ_1 и Φ_2 определяются по данным технической документации на оборудование.

$\Delta L(B)$ - снижение шума в дБ экранами при расположении их между источником шума и расчетной точкой рассчитывается по формуле:

$$\Delta L(B) = 20 \lg \left[\sqrt{2\pi N} / th \sqrt{2\pi N} \right] + 5, \quad (4)$$

$$N = 2\delta/\lambda; \delta = a + b - d;$$

где $a + b$ - длина кратчайшего пути от источника в точку наблюдения, проходящего через верхнюю кромку экрана, м;

d - расстояние между ними по прямой линии, м;

th - тангенс гиперболический выражения $\sqrt{2\pi N}$;

λ - длина волны звука на средней частоте октавной полосы, м.

$\Delta L(F)$ - ослабление уровня звука полосой зеленых насаждений или лесным массивом с высотой деревьев не менее 5м- рассчитывается [15] по формуле:

$$\Delta L(F) = \beta \left(\sqrt[3]{f/8} \right) l, \quad (5)$$

где β - снижение уровня звука на 1м ширины лесополосы принимается следующим:

β , дБ/м	Тип лесополосы
0,08	Для декоративных лесополос с густой, крупной листвой
0,25	Для плотных лесополос
0,4	Для специальных шумозащитных лесополос с плотным смыканием крон деревьев и заполнением подкоронового пространства кустарником

f - средняя частота октавной полосы, Гц;

l - протяженность (глубина) полосы зеленых насаждений или лесного массива на пути следования звука от источника шума до расчетной точки, м.

$\Delta L(H)$ - поправка в дБ, учитывающая звукоизоляцию конструкции открытого окна жилых зданий, $\Delta L(H) = 10$ дБ. Поправка используется в тех случаях, когда расчетная точка располагается внутри жилого (общественного) здания.

Расчет по формуле (1) выполняется для каждой октавной полосы в диапазоне частот от 31,5 до 8 000 Гц.

Далее следует вычислить скорректированное значение, эквивалентный и, при необходимости максимальный уровень звука.

При вычислении скорректированного уровня в дБА расчетные значения октавных уровней звуковой мощности суммируются, при этом к каждому из них прибавляется корректирующий коэффициент (k):

Частота, Гц	63	125	250	512	1000	2000	4000	8000
k , дБ	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1	-1,1

Расчетные значения уровней звука и (или) звукового давления от разных источников звука водной и той же точке на рассматриваемой территории суммируются.

Суммирование октавных уровней звукового давления $L(p_t)$ в точках на рассматриваемой территории от нескольких источников шума рассчитывается по формуле:

$$L(p_t) = 10 \lg \left(\sum_1^m 10^{0,1L(i)} \right), \quad (6)$$

где $L(i)$ - октавный уровень звукового давления от « i » источника шума в расчетной точке на рассматриваемой территории, рассчитанный по формуле (3);

i - номер источника шума;

m - количество источников шума.

Расчетная граница СЗЗ строится на плане рассматриваемой территории в соответствии с допустимыми значениями уровня звука и (или) звукового давления.

Если источник шума находится внутри здания, например, технологическое оборудование, расположенное внутри помещений цехов, то октавные уровни звуковой мощности шума, создаваемого им на площадке $L(p)$, определяются по формуле:

$$L(p) = L_{\text{пом}} + 10 \lg S - 3И - 6, \quad (7)$$

где $L_{\text{пом}}$ - октавный уровень звукового давления в дБ внутри помещения у преграды, который определяется путем натуральных измерений или расчетным путем;

S - площадь рассматриваемого элемента преграды в м²;

$3И$ - звукоизоляция воздушного шума в дБ ограждающей конструкции в октавной полосе частот, используются справочные данные, при этом принимается, что только 20 % оконных проемов в цехах (производственных корпусах) могут быть открыты, т.е. их звукоизоляция $3И = 0$. Возможно также определение $3И$ путем измерений с использованием существующих методов. В случае отсутствия шумовых характеристик оборудования производится их расчет по имеющимся техническим характеристикам или по результатам натуральных измерений.

ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах являются промышленные предприятия, теплоэнергетические установки (ТЭЦ, ТЭС и т.п.) и автомобильный транспорт.

Ежегодно от этих источников в атмосферу поступает более 200 млн. т оксида углерода (СО); 151 млн. т оксида серы (SO_2); свыше 50 млн. т оксидов азота; более 50 млн. т различных углеводородов; 250 млн. т мелкодисперсных аэрозолей (пыли) и др.

Загрязнение атмосферы оказывает неблагоприятное воздействие на всю окружающую среду. В качестве основных объектов, подвергающихся, этому воздействию, принято рассматривать:

- 1) население;
- 2) объекты жилищно-коммунального хозяйства (селитебная территория, жилищный фонд, городской транспорт, зеленые насаждения);
- 3) сельскохозяйственные угодья, животных и растения;
- 4) лесные ресурсы;
- 5) элементы основных фондов промышленности и транспорта;
- 6) рыбные ресурсы;
- 7) рекреационные (зоны отдыха) и лечебно-курортные ресурсы.

Так, воздействие, сернистого газа (SO_2) и его производных на человека и животных проявляется прежде всего в поражении верхних дыхательных путей. Под влиянием сернистого газа и серной кислоты (продукта взаимодействия сернистого газа с лагами воды с воздуха) происходит разрушение хлорофилла в листьях растений, в связи с чем ухудшаются фотосинтез и дыхание, замедляется рост, снижаются количество древесных насаждений и урожайность сельскохозяйственных культур, а при более высоких дозах и продолжительном воздействии растительность погибает. Кислотные дожди, как следствие соединения сернистого газа с водяными парами, вызывают повышение кислотности почвы. В итоге снижается эффективность применяемых минеральных удобрений на пахотных землях, из видового состава трав на многолетних культурных сенокосах и пастбищах исчезают наиболее ценные. Наличие в воздухе соединений серы ускоряет процессы коррозии металлов, разрушения зданий, сооружений, памятников истории и культуры, ухудшает качество промышленных изделий и материалов. Установлено, что в промышленных районах сталь ржавеет в 20 раз, а алюминий разрушается в 100 раз быстрее, чем в сельской местности.

Увеличение задымленности воздуха ведет к ухудшению микроклимата городов: увеличивается число туманных дней, уменьшается прозрачность атмосферы, а следовательно, снижается видимость, освещенность, ультрафиолетовая радиация и др.

Для оценки воздействия загрязненного атмосферного воздуха на основные объекты установлен целый ряд показателей, по которым судят о состоянии каждого объекта, подвергающегося этому воздействию. В табл. 1 приведены основные показатели состояния этих объектов.

Одной из составляющих оценки воздействия загрязненного атмосферного воздуха на объекты (наряду с социальными, психологическими, антропогенными; и др. сторонами) является экономический ущерб, который наносится объектам в пределах загрязненной зоны.

Показатель экономического ущерба может быть использован для расчета эффективности капитальных вложений экологического назначения, а также является основанием для санкций (чаще всего в

Таблица 1

Основные показатели состояния объектов, подвергающихся воздействию загрязненного атмосферного воздуха

Вид объекта	Основные показатели
-------------	---------------------

1. Население	Работоспособность и потеря ее в результате заболеваний и травматизма по каждому нозологическому* виду (с подразделением по полу, возрасту, занятости и тяжести заболеваний и травм)
2. Жилищно-коммунальное хозяйство	Срок службы основных фондов; периодичность текущего и планового ремонтов жилых и общественных зданий; продолжительность капитальных ремонтов; объем работ, необходимых для уборки городских территорий; количество и качественное состояние городских зеленых насаждений и др.
3. Сельскохозяйственные, лесные и рыбохозяйственные угодья	Продуктивность; качество продукции сельского и лесного хозяйства; уровень загрязнения угодий; численность рыбных стад; уровень заболеваемости животных, растений, рыб и др.
4. Основные фонды промышленности	Интенсивность физического износа; частота выхода из строя производственного оборудования; показатели интенсивности ремонтных работ; состояние транспорта; производительность машин и механизмов и др.
5. Рекреационные ресурсы (зоны отдыха)	Показатели качества рекреационных ресурсов (включая показатели чистоты); степень освоенности и доступности ресурсов для населения; показатели фактического и перспективного уровня использования ресурсов; уровень текущих затрат на поддержание требуемого состояния рекреационных ресурсов и др.

* Нозологический - болезненный (т.е. вид болезни: грипп, рак, лучевая болезнь и др.), имеющий четко выраженные признаки в виде штрафов, предъявляемых к предприятиям со стороны Государственных комитетов по охране природы.

6.2. ПОРЯДОК РАСЧЕТА

Экономический ущерб (У), причиняемый годовыми выбросами загрязнений в атмосферный воздух, для отдельного источника определяется до формуле:

$$Y = \gamma \sigma f M;$$

где У – оценка нанесенного ущерба, р./год;

γ – множитель, численное значение которого соответствует плате за выбросы одной условной тонны в год, р./год;

σ – величина, значение которой определяется типом зоны загрязнения;

f – величина, учитывающая характер рассеивания веществ в атмосферном воздухе;

M – приведенная масса годового выброса загрязнений из источника.

Определение величины σ . Значение показателя σ зависит от типа территории, которая входит в зону активного загрязнения (ЗАЗ). ЗАЗ для каждого источника, ущерб от выбросов которого подлежит оценке, определяют с учетом вида источника:

а) для организованных источников (дымовые трубы, вентиляционные отверстия и т.п.) ЗАЗ представляет собой кольцо заключенное между окружностями с радиусами

$$R_{ЗАЗ}^{ВНЕШ} = 20\phi h;$$

$$R_{ЗАЗ}^{ВНУТР} = 2\phi h.$$

где h – высота источника, м;

ϕ – безразмерная поправка на подъем факела выбросов в атмосферу с учетом среднегодовой разности температур в устье источника и в окружающем воздухе (ΔT), °С:

б) для автомагистралей всех типов ЗАЗ принимается в виде полосы шириной 200 м, центральная ось которой совпадает с центральной осью автомагистрали;

в) для низких неорганизованных источников (складов, карьеров, свалок и т.д.) ЗАЗ представляют в виде территории, внутри замкнутой кривой, проведенной вокруг источника так, что расстояние от любой точки этой кривой до ближайшей точки контура (границы) источника должно быть равно 1 км; для высоких неорганизованных источников (терриконы, отвалы) ЗАЗ определяется в радиусе $R = 20 h$ (м) (где h - высота источника).

Если, ЗАЗ от источника однородна, то величину σ определяю по табл. 2. Если ЗАЗ неоднородна и состоит из территорий нескольких типов, то значение σ для всей территории зоны активного, загрязнения определяют по формуле:

$$\sigma = \sigma_{3A3} = \sum_{j=1}^k \frac{S_j}{S_{3A3}} \sigma_j,$$

где S_{3A3} – общая площадь ЗАЗ;

S_j – площадь j-ой части ЗАЗ;

j – номер части ЗАЗ, относящейся к одному из типов территорий, указанных в табл.

2;

k – общее число типов территорий, входящих в ЗАЗ;

σ_j – значение σ для каждого типа территорий, входящих в ЗАЗ. {по табл. -2).

Таблица 2

Значения показателя σ относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов

№ п/п	Тип загрязнения территории	Значение σ
1	Курорты, санатории, заповедники, заказники	10
2	Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные кооперативы и товарищества	8
3	Населенные места с плотностью населения, п. чел/га *	(0,1 га/чел)
4	Территории промышленных предприятия (включая	n
5	защитные зоны) Леса:	4
	1-я группа	
	2-я группа	0,2
	3-я группа	0,1
6	Пашни:	0,025
	южные зоны	
	ЦЧР, Южная Сибирь	0,25
	прочие районы	0,15
7	Сады, виноградники**	0,1
8	Пастбища, сенокосы**	0,5
		0,05

* Для городов с населением свыше 300 тыс. чел. независимо от плотности $\sigma = 8$.

** Для орошаемых пахотных земель, виноградников, садов и сенокосов указанные числа следует увеличить в 2 раза.

Значение множителя f. Величина f, учитывающая характер рассеивания выбросов в атмосфере, определяется в зависимости; от скорости оседания примесей:

а) для газообразных веществ и легких мелкодисперсных частиц с очень малой скоростью оседания (менее 1см/с)

$$f_1 = \frac{100(m)}{100(m) + \varphi h} \cdot \frac{4(m/c)}{1(m/c) + u},$$

где h – геометрическая высота устья источника по отношению к среднему уровню ЗАЗ, м;

φ – поправка на тепловой подъем факела выброса в атмосферу (определяется по формуле (1));

u – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/с (если значение и неизвестно, то при расчетах его принимают равным 3 м/с).

б) для частиц, оседающих со скоростью от 1 до 20 см/с,

$$f_2 = \left(\frac{1000(m)}{60(m) + \varphi h} \right)^{0,5} \cdot \frac{4(m/c)}{1(m/c) + u};$$

в) для частиц, оседающих со скоростью свыше 20 см/с,

$$f_3 = 10.$$

Если распределение годовой массы выброса частиц по фракциям в зависимости от скорости оседания частиц неизвестно, допускается выбирать и определять величину f в следующем порядке:

- при выбросе частиц одновременно с парами воды, сопровождающемся быстрой конденсацией $f = f_3$;
- при оценке ущерба от выброса аэрозолей автотранспортными средствами $f = f_3$;
- в случае сжигания жидких (мазут) и газообразных видов топлива $f = f_2$;
- при выбросе частиц после прохождения их через аппараты очистки (циклон, фильтр и др.), величина f зависит от коэффициента очистки (η):

$$\eta \geq 90\% \quad f = f_1;$$

$$\text{при } 70\% \leq \eta < 90\% \quad f = f_2;$$

$$\eta < 70\% \quad f = f_3.$$

Если значения параметра f для различных типов примесей, входящих в состав выброса одиночного источника, оказываются различными, то общая оценка ущерба будет складываться из суммы оценок, относящихся к каждому типу примесей.

Приведенная масса годового выброса M . Значение приведенной массы годового выброса загрязнений в атмосферу от источника (M) определяется

$$M = \sum_{i=1}^N A_i m_i, \quad (2)$$

где M — масса годового выброса примеси i -го вида, т/год;

A_i — показатель относительной агрессивности примеси i -го вида (усл. т/т);

N — общее число примесей, входящих в состав выброса от источника;

Показатель относительной- агрессивности складывается из ряда показателей и определяется.

$$A_i = a_i \alpha_i \beta_i,$$

где a_i — показатель относительной опасности присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком;

α_i — поправка, учитывающая вероятность накопления исходной примеси в окружающей среде и в организме человека;

β_i — поправка, учитывающая действие на различные объекты за исключением человека.

При расчетах значение A_i берется из табл. 3. Значение M определяется по формуле (2) раздельно для групп примесей, входящих в каждую из указанных выше трех фракций.

Таблица 3

Значение величины A_i для веществ, выбрасываемых в атмосферу

Вещество	ПДК, м.р. (мг/м ³)	a_i	α_i	β_i	A_i
----------	-----------------------------------	-------	------------	-----------	-------

1. Оксид углерода	20	1	1	1	1
2, Сернистый ангидрид	10	11	1	2	22
3, Окислы азота	2	27,9	1	1,5	49
4. Аммиак	20	8,7	1	1,2	10,4
5, Пары жидкого топлива (бензин)	100	0,63	1	5	3,16
6. Фенол	0,3	258	1	1,2	310
7. 3,4 бенз(а)пирен	$1,5 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^5$	2	1	$12,6 \cdot 10^5$
8. Двоокись кремния	1	34,6	2	1,2	0^5
9. Сажа	4	17,3	2	1,2	83,2
10. Марганец и его окислы	0,01	2000	5	1	41,5
11. Никель и его окислы	0,05	1095	5	1	10^4
12. Неорганические соединения ртути и свинца	0,03	4472	5	1	5475
13. Каменно угольная пыль	-	-	-	-	22400
14 Пыль цементных производств	-	-	-	-	40
15 Твердые частицы, выбрасываемые транспортом	Для ДВС	ющих			45
	работа	на:			
		ном			300
	неэтилирован	бенз.	и	устан.	500
		м	иных		200
	этилированно	бензине			
	Для ДВС –	лей,			
	дизе	топл.			

Использованный источник

Инженерные расчеты в дипломном проекте по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»: Учеб. пособие /Под. ред. В.Т. Кондратьева
Владим.политехн.ин-т. Владимир, 1993. 128с ISBN 5-230-06751-8