



Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Башкирский государственный аграрный университет»

Приложение к ОПОП ВО

Методические указания для
самостоятельной работы

Кафедра землеустройства

Б1.О.11 Управление природно-техногенными комплексами

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению расчетно-графической работы

Направление подготовки
20.04.02 Природообустройство и водопользование

Квалификация (степень) выпускника
магистр

Уфа 2023

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета
природопользования и строительства (протокол № 7 от 23 марта 2023 г.)

Составитель: доцент Загитова Л.Р.

Рецензент: профессор БГУ, доктор географических наук Гареев А.М.

Ответственный за выпуск: зав. кафедрой землеустройства канд. с.-х. наук,
доцент Галеев Э.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

1 Определение шумового загрязнения

Шум отрицательно влияет на здоровье людей, вызывая ряд серьезных заболеваний. В соответствии с «Санитарными нормами допустимого шума» устанавливается его уровень в жилых домах, расположенных вблизи предприятий и транспортных магистралей, - не выше 35 дБ днем, до 25 дБ – в ночное время. В соответствующем разделе проекта необходимо выполнить расчет по уровню шума и наметить план мероприятий по борьбе с шумом в жилой застройке. Для расчета уровня шума следует учитывать закономерности распределения шума в приземном пространстве в условиях города или, иными словами, законы физики звуковых волн. Приведем формулу определения уровня шума в городских условиях (Карагодина, 1972):

$$Y_n = Y_7 - X_1 - X_2 - X_3 - X_4 - \dots, \quad (1)$$

где Y_n – уровень шума на интересующем нас расстоянии n метров от источника шума;

Y_7 – уровень шума на расстоянии 7 м от источника шума;

X_1 – снижение шума в результате сферического характера распространения волн в атмосфере;

X_2 – снижение шума под влиянием неровностей поверхности земли;

X_3 – снижение шума под влиянием зеленых насаждений;

X_4 – снижение шума экранирующими устройствами.

Уровень шума, например, в 7 м от крайнего ряда автомобилей у проезжей части дороги определяется по формуле:

$$Y_7 = 46 + 11.8 \cdot \lg N \sum X_z \quad (2)$$

где N – интенсивность движения автотранспорта, авт/ч;

X_z – сумма поправок, учитывающая отклонения условий от типичных; она находится по формуле:

$$\sum X_z = \pm X_N + X_V + X_j + X_{тр}, \quad (3)$$

X_N – соотношение общественного и тяжелого грузового транспорта в потоке, увеличивается на 1 дБ на каждые 10% отклонения от 60%-го соотношения автомобилей с карбюраторными двигателями к общему количеству автомобилей;

X_V – поправка на отклонение скорости движения (+1 дБ на каждые 10% отклонения скорости от 40 км/ч);

X_j – поправка на уклон дороги (+1 дБ на каждые 2 промилле);

$X_{тр}$ – при движении трамвая по средней части улицы поправка составляет +3 дБ.

На практике уровень шума измеряется шумомером, и в условиях городских магистралей в часы «пик» уровень шума (Y_7) составляет порядка 80 дБ. Рассчитаем уровень шума на интересующем нас расстоянии от автомагистрали. Например, на расстоянии r_n – 100 м уровень шума снизится на величину X_1 :

$$X_1 = 10 \lg(r_{100}/r_7) = 10 \lg(100/7) = 11.5 \text{ (дБ)}, \quad (4)$$

где r_{100} – точка в 100 м от источника шума;

r_7 – точка на расстоянии 7 м от источника шума, где осуществляется замер шумомером.

$$X_2 = K_2 * X_1, \quad (5)$$

где K_2 – коэффициент поглощения шума, составляющий для асфальта – 0.9, для открытого грунта – 1, для газона – 1.15.

$$X_3 = K_3 * X_1, \quad (6)$$

где K_3 – коэффициент снижения звуковой энергии зелеными насаждениями, составляющий 1.2 для полосы из 2 рядов деревьев шириной 6 м, средней густоты, с кустарником и 1.5 – для той же полосы с сомкнутыми кронами высотой не менее 7 м с подлеском и кустарником.

Таблица 1 - Снижение шума за счет экранирующего устройства

Эмпирический параметр, W	Снижение уровня шума x_4 , дБ	Эмпирический параметр, W	Снижение уровня шума x_4 , дБ
1.0	14	3.0	23
1.5	17	3.5	24
2.0	19	4.0	25
2.5	22	4.5	26

x_4 – определяется по таблице 1 после расчета параметра по формуле:

$$W=1.414h/\sqrt{\lambda}*\sqrt{a+b/ab}, \quad (7)$$

где λ - длина волны, м (при 500 Гц $\lambda = 0.68$ м);

h – высота экрана, м; экраном может служить здание, сплошной забор и другие сооружения;

a – расстояние от источника шума до экрана, м;

b – расстояние от экрана до исследуемой точки, м.

Например, при $a = 7$ м, $b = 93$ м, $h = 4.6$ м, λ - 0.68 м.

$$W=1.414 \cdot 4.6 / \sqrt{0.68} \cdot \sqrt{100/651} = 3.1$$

При $W = 3.1$, $X_4 = 23$ дБ.

В нашем примере расчетный уровень шума на расстоянии 100 м от источника составит:

$$Y_{100} = 80 - 11.5 - 11.58 - 3.25 - 23 = 20.75 \text{ дБ.}$$

Таким образом, предельно допустимый уровень (ПДУ) шума на территории жилой застройки не превышен как в дневное, так и в ночное время. Если уровень шума выше предельно допустимого, то разрабатывается план мероприятий по его снижению в жилом массиве, обоснование которого подтверждается дополнительными расчетами с использованием формул 1-7. Нужно добиться, что бы уровень шума не превышал ПДУ. В случае необходимости проложения автодороги через населенный пункт, при невозможности его обхода, следует предусмотреть установку

шумопоглощающих и шумоотражающих барьеров и устройство земляных валов, посадку густых кустарников и деревьев и др.

2 Определение состава атмосферного воздуха

В современных условиях атмосферный воздух населенных мест загрязняется одновременно многими веществами. Концентрация каждого из этих веществ может быть меньше предельно допустимой, но совместное их присутствие вызывает такой же эффект, как если бы их содержание было больше ПДК. Это явление называется эффектом суммации действия. Например, такой эффект возможен при следующих сочетаниях вредных веществ: ацетон – фенол; сернистый газ – сероводород, ацетальдегид – винилацетат, озон – двуокись азота – формальдегид, сернистый газ – фенол, сернистый газ – двуокись азота, фурфурол – метанол – этанол, серый и сернистый ангидрит – аммиак – окислы азота, сернистый газ – фториды, сильные кислоты (серная, соляная, азотная). При содержании в воздухе нескольких видов веществ, т.е. при эффекте суммации действия, должно соблюдаться следующее условие:

$$(C_1/\text{ПДК}_1)+(C_2/\text{ПДК}_2)+\dots+(C_n/\text{ПДК}_n)\leq 1, \quad (8)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации этих вредных веществ в атмосферном воздухе.

Если при расчете сумма будет больше единицы, то пылегазовые выбросы подлежат очистке в обязательном порядке, как и в тех случаях, когда в составе выбросов содержатся вещества, концентрации которых превышают предельно допустимые.

Для расчета модуля предельно допустимого выброса используют следующую формулу:

$$M_{\text{ПДВ}}=[C_m \cdot H^2 \cdot \sqrt{(B_1 \cdot (t_1 - t_2))}] / A \cdot \Phi, \quad (9)$$

где A - коэффициент, учитывающий частоту температурных инверсий в данной местности (для Средней Азии он равен 240, для Сибири -200, для Урала и Поволжья – 160, для центральной европейской части страны - 120);

Φ – коэффициент скорости оседания частиц в атмосфере (для газов – 1,0, для паров – 2,0, для пыли – 3,0);

C_m – максимальная разовая ПДК, мг/м³;

H – высота трубы, м;

V_1 – объем выброса, м³/с;

t_1 – температура выброса, °C;

t_2 – температура атмосферного воздуха для самого холодного месяца в данной местности.

Зная фактическое содержание вредного вещества на границе санитарно-защитной зоны, можно рассчитать модуль фактического выброса $M_{\text{ФАКТ}}$ по аналогичной формуле, заменив C_m на $C_{\text{ФАКТ}}$, мг/м³:

$$M_{\text{ФАКТ}} = [C_m \cdot H^2 \cdot \sqrt{(V_1 \cdot (t_1 - t_2))}] / A \cdot \Phi \quad (10)$$

Эффективность необходимой для соблюдения санитарных норм очистки или рассеяния определяем по формуле:

$$\mathcal{E} = (M_{\text{ФАКТ}} - M_{\text{ПДВ}}) / M_{\text{ФАКТ}} \cdot 100\% \quad (11)$$

В зависимости от необходимой эффективности очистки выбираются те или иные методы, способы и аппараты очистки газопылевых выбросов.

3 Определение состояния водных объектов

Расчет степени очистки сточных вод от взвешенных веществ

Необходимая степень очистки сточных вод по содержанию взвешенных веществ определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ВЗВ}} = [(C_{\text{ст}}^{\text{ВЗВ}} - C_0^{\text{ВЗВ}}) / C_{\text{ст}}^{\text{ВЗВ}}] \times 100\%, \quad (12)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ВЗВ}}$ - искомая степень очистки, % ;

$C_{\text{ст}}^{\text{ВЗВ}}$ - исходная концентрация взвешенных веществ в сточных водах до очистки, мг/л;

C_0^{B3B} - расчетная концентрация взвешенных веществ в очищенных сточных водах перед сбросом в водоем, мг/л.

Концентрацию взвешенных веществ в очищенных сточных водах перед сбросом в водоем определяем по формуле:

$$C_0^{B3B} = C_p^{B3B} + n * C_{доп}, \quad (13)$$

где C_p^{B3B} - концентрация взвешенных веществ в воде водоема до сброса сточных вод, мг/л;

n - степень разбавления сточных вод в расчетном створе;

$C_{доп}$ - допустимое увеличение взвешенных веществ в реке после сброса сточных вод, мг/л. Для водоемов хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения пищевых предприятий $C_{доп}$ равно 0,25 мг/л, а для рыбохозяйственных водоемов и водоемов культурно-бытового пользования - 0,75 мг/л.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод от органических веществ по БПК

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) - показатель загрязнённости воды органическими веществами: количество кислорода (мг/л), потребляемое для полного окисления органических веществ, содержащихся в воде в процессе её самоочищения, снижение концентрации органических веществ в воде водоёма происходит также за счёт разбавления вод в реке. БПК речной воды в ближайшем пункте водопользования ниже спуска сточных вод (L_0) находят по формуле:

$$L_0 = (n-1) / 10 K_1^t * (L_{доп} - L_v) + (L_{доп} / 10 K_1^t), \quad (14)$$

где $L_{доп}$ - предельно допустимое значение БПК смеси сточных вод и речной воды, мг/л; L_v - БПК речной воды до сброса сточных вод, мг/л; K_1 - константа скорости потребления кислорода сточными водами; t - время протекания воды от места сброса до расчетного створа, сут.

При решении уравнения значения величины $10 K_1^t$ вычислить сложно, поэтому можно использовать данные таблиц 2 и 3.

Таблица 2 - Значения K_1 при различных температурах речной воды

$t^{\circ}\text{C}$	K_1	$t^{\circ}\text{C}$	K_1	$t^{\circ}\text{C}$	K_1
0	0,04	15	0,08	24	0,12
5	0,05	18	0,09	26	0,13
9	0,06	20	0,10	28	0,14
12	0,07	22	0,11	29	0,15

Таблица 3 - Значения величины $10 K_1^t$ при переменных K_1 и t

K_1	t , сут									
	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6
0,04	0,981	0,955	0,912	0,871	0,832	0,794	0,759	0,692	0,631	0,575
0,06	0,966	0,933	0,871	0,813	0,769	0,708	0,761	0,575	0,501	0,487
0,08	0,955	0,912	0,832	0,769	0,692	0,631	0,757	0,489	0,408	0,331
0,11	0,944	0,891	0,794	0,708	0,631	0,572	0,601	0,398	0,316	0,251
0,12	0,933	0,871	0,759	0,661	0,575	0,501	0,436	0,331	0,251	0,191
0,14	0,992	0,851	0,724	0,617	0,525	0,447	0,332	0,275	0,200	0,145
0,16	0,912	0,832	0,692	0,575	0,479	0,398	0,331	0,299	0,159	0,110
0,18	0,903	0,813	0,661	0,537	0,437	0,355	0,288	0,191	0,126	0,083
0,20	0,891	0,794	0,631	0,501	0,393	0,316	0,251	0,168	0,100	0,063
0,22	0,881	0,776	0,603	0,478	0,363	0,283	0,219	0,132	0,079	0,049
0,24	0,871	0,759	0,575	0,437	0,331	0,251	0,191	0,110	0,063	0,036
0,26	0,861	0,741	0,550	0,407	0,302	0,224	0,166	0,091	0,050	0,026
0,28	0,851	0,724	0,525	0,380	0,275	0,199	0,145	0,076	0,050	0,021
0,30	0,841	0,708	0,501	0,335	0,251	0,178	0,126	0,063	0,032	0,016
0,40	0,794	0,631	0,398	0,251	0,158	0,100	0,063	0,025	0,010	0,004
0,50	0,750	0,565	0,316	0,178	0,100	0,056	0,032	0,010	0,003	0,001

Если расчетное значение L_0 больше фактического значения БПК сточных вод, подлежащих спуску в реку, то биологической очистки сточных вод не требуется. Если же расчётное значение L_0 меньше фактического, то биологическая очистка сточных вод перед спуском в водоем обязательна.

Необходимая степень очистки сточных вод от органических веществ, определяемая по БПК, находится по формуле

$$\Xi_{\text{БПК}} = (L_{\text{ст}} - L_0) / L_{\text{ст}} * 100\%, \quad (15)$$

где $L_{\text{ст}}$ - полная биохимическая потребность сточной воды в кислороде, мг/л.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод от органических веществ по концентрации растворенного кислорода в сточных водах

При расчете кислородного режима водоема исходят из показателей поглощения сточными водами растворенного кислорода речной воды в месте их спуска. Если количество содержащегося в речной воде растворенного кислорода в течение первых двух суток после спуска не ниже 4 мг/л, то снижения не произойдет и в дальнейшем.

Формула для определения расчетной концентрации растворенного кислорода в сточных водах имеет следующий вид:

$$O_p = (n-1)(O_v - O_{\text{БПК}} - O_{\text{доп}})/0,4 \quad (16)$$

где O_p - расчетная концентрация растворенного кислорода в сточной воде, мг/л;

n - степень разбавления;

O_v - содержание растворенного кислорода в речной воде до сброса сточных вод, мг/л;

$O_{\text{БПК}}$ - биохимическая потребность речной воды в кислороде, мг/л;

$O_{\text{доп}}$ - предельно допустимая концентрация растворенного кислорода, которая должна быть в расчетном створе после сброса сточных вод, мг/л;

0,4 - коэффициент для пересчета полного потребления кислорода в двухсуточное.

Если расчетная концентрация (O_p) меньше той, которая прогнозируется к спуску сточных вод в водоем, то эти воды должны быть очищены. В этом случае необходимую степень очистки определяют по формуле, аналогичной формуле (4):

$$\Xi_0 = (L_{\text{ст}} - O_p)/L_{\text{ст}} * 100\%, \quad (17)$$

где $L_{\text{ст}}$ - полная биохимическая потребность в кислороде в сточной воде, мг/л;

O_p - расчетная концентрация растворенного кислорода в сточных водах, мг/л.

Расчет кислородного режима сточных вод и их очистки по содержанию растворенного кислорода выполняют для определения загрязненности сточных вод органическими веществами и установления необходимой степени их очистки.

Расчет температуры сточных вод перед сбросом их в водоем

Расчет производится с учетом санитарных требований: летняя температура речной воды не должна повышаться в результате спуска сточных вод более чем на 3°C.

Максимально допустимую температуру сточных вод определяют по формуле:

$$t_{ст}=(j*Q/q+1)*(t_{доп}+t_{max}), \quad (18)$$

где j - коэффициент смешения;

Q - расход реки, м³/с;

q - расход сточных вод, м³/с;

$t_{доп}$ - допустимое повышение температуры (3°C);

t_{max} - максимальная температура речной воды в наиболее теплый летний месяц до спуска сточных вод.

Сравниваем полученную температуру с температурой сточных вод. Если температура сточных вод меньше полученной расчетной, то специальных мер по снижению температуры сточных вод принимать не нужно. Если температура сточных вод больше расчетной, то требуется охлаждение сточных вод перед сбросом их в водоем.

Расчет степени очистки сточных вод по изменению pH

Согласно общим требованиям к составу и свойствам воды водоемов у пунктов культурно-бытового водопользования реакция (pH) не должна выходить за пределы 6,5-8,5.

Допустимую концентрацию кислоты в сточных водах находят по формуле:

$$C_{\text{доп}} = (n-1) * X_K, \quad (19)$$

где X_K - максимальное количество кислоты, которое может быть добавлено к 1 л речной воды, мг-экв/л (определяют по графику Черкинского);
 n - степень разбавления сточных вод.

Пользоваться графиком надо следующим образом. Допустим, что вода имеет $pH=7,25$ при щелочности 3 мг/л. Восстановив перпендикуляр из точки 7,25 на оси абсцисс до пересечения с основной кривой, которая соответствует 3 (В-3), и, опустив из точки пересечения перпендикуляр на правую ось x_K - ординат, находим значение максимального количества кислоты в миллилитрах нормального раствора, которое может быть добавлено к 1 л речной воды по санитарным нормам (X_K). В нашем случае оно равно 1,25.

Необходимая степень очистки сточных вод от кислоты определяется по формуле:

$$\Theta_K = C_K - C_{\text{доп}} / C_K * 100\%, \quad (20)$$

где C_K – содержание кислоты в сточных водах, мг-экв/л.

Расчет степени очистки сточных вод от вредных веществ

Если в сточных водах содержится несколько видов вредных веществ, то все компоненты разбиваются на группы с одинаковым лимитирующим показателем вредности (ЛПВ). Например, в сточных водах содержатся мышьяк, ртуть, свинец, никель, цинк. По таблице 4 определяем, что мышьяк, ртуть и свинец относятся к группе веществ санитарно-токсикологического ЛПВ, а никель и цинк - к группе веществ общесанитарного ЛПВ. Затем определяем сумму отношений концентраций веществ каждой группы в сточной воде к их предельно допустимым концентрациям:

$$C_1^{\text{ст}}/\text{ПДК}_1 + C_2^{\text{ст}}/\text{ПДК}_2 + C_3^{\text{ст}}/\text{ПДК}_3 + \dots + C_n^{\text{ст}}/\text{ПДК}_n = \sum C^{\text{ст}} \quad (21)$$

После этого подсчитываем сумму отношений концентраций этих веществ в воде водоема до спуска в него сточных вод к их ПДК:

$$C_1^B/ПДК_1+C_2^B/ПДК+C_3^B/ПДК+...+C_n^B/ПДК=\sum C^B \quad (22)$$

И определяем необходимую степень очистки по формуле:

$$\Theta_{вр}=1-[1-\{(n-1)/n*\sum C^B\}/(\sum C^{ст}/n)]*100\%, \quad (23)$$

где n - степень разбавления сточных вод.

Таблица 4- Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Вещество	Норматив, мг/л	Вещество	Норматив, мг/л
1	2	3	4
Санитарно-токсикологический ЛПВ		Общесанитарный ЛПВ	
Анилин	0,1	Аммиак(по азоту)	2,0
Бензол	0,5	Кадмий	0,01
Бериллий	0,0002	Капролактан	1,0
Ванадий	0,1	Медь	0,1
Вольфрам	0,1	Никель	0,1
ДДТ (дуст)	0,1	Сульфиды	0
Кобальт	1,0	Титан	0,1
Молибден	0,5	Хлор активный	0
Мышьяк	0,05	Цинк	1,0
Нафтол	0,4	Органолептический ЛПВ	
Нитраты по азоту	10,0		
Роданиды	0,1	Барий	4,0
Ртуть	0,005	Бензин	0,1
Свинец	0,1	Железо	0,5
Селен	0,001	Керосин	0,1
Стронций	2,0	Нефть многосернистая	0,1
Сурьма	0,05		

Теллур	0,01	Нефть прочая	0,3
Фтор (в соединениях)	1,5	Пикриновая кислота	0,5
Хлорбензол	0,02	Сероуглерод	1,0
Четыреххлористый углерод	0,3	Толуол	0,5
		Фенол	0,001
		Хром (Cr^{+6})	0,1
		Хром (Cr^{+3})	0,5
		Этилен	0,5

Таблица 5 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых вредных веществ в воде рыбохозяйственных водоемов

Вещество	ПДК, мг/л
1	2
Аммиак	0,1
Аммония соли	5,0
Кадмий	0,005
Кобальт	0,01
Магний	50,0
Медь	0,01
Мышьяк	0,05
Никель	0,01
Нефть и нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии	0,05
Свинец	0,1
Сероуглерод	1,0
Фенолы	0,001
Хлор свободный	0
Цинк	0,01
Цианиды	0,05

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

а) основной

1. Гаев А.Я. Охрана окружающей среды, или введение в геоэкологию. - Пермь: ПГУ, 2015. - 244 с.
2. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение. - М.: КолосС, 2012 - 215 с.
3. Голованов А.И. и др. Природообустройство. - М.: КолосС, 2013. - 552 с.
4. Константинов В.М. Рационалы. - 315 с.
5. Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология. - М.: Академия, 2011. - 331 с.

б) дополнительный

1. Куракова Л.С. Современные ландшафты и хозяйственная деятельность. - М.: Просвещение, 1983. - 160 с.
2. Ландсберг Г.Е. Климат города. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 248 с.
3. Лаптев И.П. Сельское хозяйство и охрана природы. - М.: Колос, 1982. - 214 с.
4. Мазур И.И., Молдаванов И.О. Курс инженерной экологии. - М.: Высшая школа, 1999. - 447 с.
5. Пойкер Х. Культурный ландшафт: формирование и уход. - М.: Агропромиздат, 1987. - 345 с.
6. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. - М.: Финансы и статистика, 1995. - 528 с.

