

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ

Методические указания

по выполнению практических работ по дисциплине
для студентов направления подготовки 20.04.01
«Техносферная безопасность»

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 504.05+504.06

Э41

Рецензент:

С.М. Братан – доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Технологии машиностроения»

Составители: Л.А. Ничкова, Ю.О. Шагова

Э41 Экспертиза безопасности : методические указания по выполнению практических работ по дисциплине для студентов направления 20.04.01 «Техносферная безопасность» / Сост. Л.А. Ничкова, Ю.О. Шагова ; Министерство науки и высшего образования РФ, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет». – Севастополь: СевГУ, 2020. – 47 с. – Текст : непосредственный.

Предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практических работ по дисциплине «Экспертиза безопасности». В методических указаниях излагаются общие понятия экспертизы состояния атмосферы и водного бассейна, расчет выбросов вредных веществ, эколого-экономический ущерб, охрана биосферы от ИИ, защита от воздействия шума.

УДК 504.05+504.06

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Техносферная безопасность», протокол № 5 от 30 декабря 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Основные расчетные формулы для решения задач и выполнения практических работ	4
1.1. Экспертиза состояния атмосферы	4
1.2. Экспертиза состояния водного бассейна	7
1.3. Расчет выбросов вредных веществ	9
1.4. Эколого-экономический ущерб от загрязнений среды	10
1.5. Охрана биосферы от ионизирующего излучения	14
1.6. Защита от воздействия шума	15
1.6.1. Расчет акустического экрана	15
1.6.2. Проектирование звукопоглощающей стены	16
1.7. Проектирование системы освещения	20
1.8. Расчет устойчивости откоса	24
1.9. Расчет подпорной стенки на плоский сдвиг по подошве	26
2. Типовые задачи и задания для выполнения расчетно-графических заданий	26
2.1. Экспертиза состояния атмосферы	26
2.2. Экспертиза состояния водного бассейна	30
2.3. Эколого-экономический ущерб от загрязнений среды	32
2.4. Охрана биосферы от ионизирующего излучения	34
2.5. Защита от шума	36
2.6. Проектирования искусственного освещения	40
2.7. Расчет устойчивости откоса	42
2.8. Расчет подпорной стенки на плоский сдвиг по подошве	45
Библиографический список	47

1. Основные расчетные формулы для решения задач и выполнения курсовых работ

1.1. Экспертиза состояния атмосферы

Градиентный перенос вещества в атмосфере описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$\frac{dm}{dt} = K_x \frac{\partial^2 m}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 m}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 m}{\partial z^2},$$

где m – масса вещества; K_i – коэффициент рассеивания, $i = x, y, z$.

Используя модель статистической теории рассеивания, находят концентрацию веществ в приземном слое. Для удобства расчетов решение дифференциальных уравнений с граничными условиями интерполируют различными формулами, которые сводят в нормативные документы. Предполагается, что точность расчетов достигает 20 - 30 %, но необходимо помнить, что реальные атмосферные процессы настолько сложны, что ожидаемые расчетные концентрации вредных веществ могут не соответствовать действительному загрязнению системы [1].

Максимальное значение приземной концентрации вещества при выбросе газовой смеси в воздух при неблагоприятных метеорологических условиях определяют по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt{V_1 \Delta T}}, \quad (1.1.1)$$

где C_m – максимальная концентрация вещества, мг/м³; M – мощность выброса, г/с; H – высота источника выброса с круглым устьем, м; F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вещества, $F = 1$ для газов, мелкодисперсных частиц и аэрозолей, для остальных частиц $F = 2-3$; A – коэффициент температурной стратификации атмосферы ($A = 140 - 250$); m, n – коэффициенты, учитывающие условия выброса; η – коэффициент учета рельефа местности, если рельеф не учитывают $\eta = 1$; ΔT – разность между температурой смеси и температурой воздуха; V_1 – расход газовойоздушной смеси, м³/с:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (1.1.2)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м; ω_0 – скорость выхода смеси, м/с.

Коэффициенты m, n определяют в зависимости от параметров f, v_m, v_m^1, F_e . Если условия выброса не учитывают, то $m = n = 1$.

$$f = 1000 \frac{\omega^2 \cdot D}{H^2 \Delta T}; \quad f_e = 800 (v_m^1)^3, \quad (1.1.3, 1.1.4)$$

$$v_m = 0,65 \sqrt{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad v_m = 0,65 \sqrt{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad (1.1.5, 1.1.6)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad f < 100; \quad (1.1.7)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \quad f \geq 100 \quad (1.1.8)$$

Для $f_e < f < 100$ значение коэффициента m вычисляют при $f_e = f$. Коэффициент n при $f < 100$ определяют в зависимости от v_m по формулам

$$n = 1, \quad v_m \geq 2; \quad (1.1.9)$$

$$n = 0,532 \cdot v_m' - 2,13 v_m + 3,13, \quad 0,5 \leq v_m < 2; \quad (1.1.10)$$

$$n = 4,4 \quad v_m, \quad v_m < 0,5. \quad (1.1.11)$$

При $f \geq 100$ или $T = 0$ и $v_m \geq 0,5$ концентрацию вредного вещества рассчитывают:

$$C_u = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D}{8V_1 \cdot H^{4/3}}, \quad (1.1.12)$$

где n определяют по формулам при $v_m = v_m$.

В случае предельно малых опасных скоростей ветра $f < 100$; $v_m' < 0,5$ или при $f < 100$, $v_m' < 0,5$ максимальную приземную концентрацию загрязняющего вещества находят следующим образом:

$$C_u = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m' \cdot \eta}{H^{4/3}}, \quad (1.1.13)$$

где $m' = 2,86 m$, $f < 100$, $v_m < 0,5$; $m' = 0,9$; $f < 100$; $v_m' < 0,5$.

Расстояние, на котором наблюдают максимальную приземную концентрацию, находят по формуле

$$x_m = (5 - F) d H / 4, \quad (1.1.14)$$

где

$$d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}), \quad v_m \leq 0,5, \quad f < 100;$$

$$d = 4,95 v_m (1 + 0,38\sqrt[3]{f}), \quad 0,5 < v_m \leq 2, \quad f < 100;$$

$$d = 7\sqrt{v_m} (1 + 0,28\sqrt[3]{f}), \quad v_m \geq 2, \quad f < 100;$$

$$d = 5,7, \quad v_m' \leq 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0;$$

$$d = 11,4 v_m', \quad 0,5 \leq v_m' \leq 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0;$$

$$d = 16\sqrt{v_m'}, \quad v_m' > 2, \quad f > 100, \quad \Delta T \approx 0.$$

При неблагоприятных метеорологических условиях приземную концентрацию веществ по оси факела рассчитывают по формуле

$$C = S \cdot C_u, \quad (1.1.15)$$

где S – безразмерный коэффициент, равный:

$$\begin{aligned}
S &= 3(x/x_M)^4 - 8(x/x_M)^3 + 6(x/x_M)^2, \quad x/x_M \leq 1; \\
S &= 1,13 / [0,13(x/x_M)^2 + 1], \quad 1 < x/x_M \leq 1; \\
S &= (x/x_M) / [35,2(x/x_M) + 120], \quad x/x_M > 8, F \leq 1,5; \\
S &= [0,1(x/x_M)^2 + 2,47(x/x_M) - 17,8]^{-1}, \quad x/x_M > 8, F > 1,5.
\end{aligned}$$

Следует отметить, что расчетные формулы, приведенные выше, справедливы для максимальных концентраций, лежащих по оси факела рассеивания ОХ.

Значение приземной концентрации вредных веществ в точках с координатами $(x, y, 0)$, (x, y, z) , (x, y, z) , $(0, 0, 0)$ и т.д. рассчитывают по другим более сложным формулам, учитывающим различные скорости ветра, отличные от опасных, при которых достигается максимальная приземная концентрация C_M . Расчет опасной скорости ветра:

$$U_M = 0,5; \quad v_m < 0,5, \quad f < 100; \quad (1.1.16)$$

$$U_M = v_m; \quad 0,5v_m \leq 2, \quad f < 100; \quad (1.1.17)$$

$$U_M = v_m(1 + 0,12\sqrt{f}), \quad v_m > 2, \quad f < 100; \quad (1.1.18)$$

$$U_M = 0,5; \quad v_m < 0,5, \quad f < 100; \quad (1.1.19)$$

$$U_M = v_m'; \quad 0,5 < v_m' < 2, \quad f < 100; \quad (1.1.20)$$

$$U_M = 2,2v_m'; \quad v_m' > 2, \quad f < 100. \quad (1.1.21)$$

где U_M - 0, опасная скорость ветра, м/с, при которой достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества C_M .

Расчет предельно-допустимого выброса (ПДВ) проводят по формуле

$$\text{если } f < 100, \text{ то} \quad \text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_0) \cdot H^{4/3} \cdot 8 \cdot V_i}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot D \quad (1.1.22)$$

$$\text{если } f \geq 100, \Delta T \approx 0, \text{ то} \quad q = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (1.1.23)$$

где q - безразмерная концентрация веществ, обладающих эффектом суммации, мг/м^3 ; C_i - концентрация i -го вещества, мг/м^3 .

$$M_q = \frac{M_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{M_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{M_n}{\text{ПДК}_n} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (1.1.24)$$

где M_q - безразмерная мощность выброса, г/с; M_i - мощность выброса каждого вещества, г/с.

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1; \quad \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 \quad (1.1.25)$$

1.2. Экспертиза состояния водного бассейна

По формуле (1.2.1) найдем концентрацию загрязняющего вещества в водном бассейне, кг/м^3 [2]:

$$C = C_{\phi} + \sum_{i=1}^k (C_i - C_{\phi}) / n_i \quad (1.2.1)$$

где C – концентрация загрязняющего вещества, кг/м^3 ; C_{ϕ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества, кг/м^3 ; C_i – концентрация вещества в стоке, кг/м^3 ; n_i – разбавление сточной воды; k – число источников сброса.

Для неконсервативных веществ учитывают фактор очищения воды под действием внешних условий:

$$C = 10^{-K_1 \cdot T} \cdot (C_{\phi} + \sum_{i=1}^k ((C_i - C_{\phi}) / n_i)) \quad (1.2.2)$$

где K_1 – коэффициент неконсервативности, учитывающий самоочищение воды, с^{-1} , сут^{-1} ; T – температура воды в водоеме, $^{\circ}\text{C}$.

$$T = \sum_{i=1}^k \frac{T_i - T_{\phi}}{n_i} \quad (1.2.3)$$

где T – снижение или увеличение температуры воды в водоеме в результате сброса, $^{\circ}\text{C}$; T_i – температура стока, $^{\circ}\text{C}$; T_{ϕ} – температура водоема или реки, $^{\circ}\text{C}$.

$$n = 1 + \gamma \cdot \frac{W_0}{W_1} \quad (1.2.4)$$

где γ – коэффициент смешения; W_0 – расход воды в реке, $\text{м}^3/\text{с}$; W_1 – расход воды в стоке, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$z = r \cdot d \cdot (D / W_1)^{1/3} \quad (1.2.5)$$

где r – коэффициент извилистости реки, равный отношению расстояний по берегу и по фарватеру; d – коэффициент выпуска; $d = 1$ при выпуске стока у берега, $d = 1,5$ при выпуске в речной поток; D – коэффициент турбулентной диффузии:

$$D = \frac{9.8 \cdot V \cdot H}{C^2} \quad (1.2.6)$$

где V – скорость речного потока, м/с ; H – глубина реки, м .

$$C = (1/0,03) \cdot H; \quad y = 0,26, \quad H \leq 1; \quad y = 0,23, \quad H \geq 1, \quad (1.2.7)$$

здесь $0,03$ – коэффициент шероховатости ложа реки.

Ориентировочная оценка коэффициента z (при 20...30 % точности расчетов):

$$z = 0.2 \cdot r \cdot d \cdot H^{1/3} \cdot V^{1/3} \cdot W^{-1/3} \quad (1.2.8)$$

Разбавление сточной воды в водохранилищах и озерах зависит от начального и конечного разбавления, которое определяет общее разбавление, равное:

$$n = n_n - n_0 \quad (1.2.9)$$

где n , n_n , n_0 – общее, начальное и конечное разбавление соответственно.

Если выпуск сточных вод происходит у берега, распространение загрязняющего вещества вдоль берега или выпуск сточных вод осуществляют на некотором расстоянии от берега; распространение загрязняющего вещества происходит к берегу против выпуска, начальное и конечное разбавления рассчитывают:

$$n_n = (W_1 + 0.0022 \cdot W \cdot H^2) / (W_1 + 0.00022 \cdot W \cdot H^2) \quad (1.2.10)$$

где W – скорость ветра, м/с (при неизвестных значениях берут $W \approx 5$ м/с).

$$n_0 = 1 + 0.4(P / \Delta x)^{0.627 + 0.00022 \cdot f / \Delta x} \quad (1.2.10)$$

$$l / \Delta x = 6.53 \cdot H^{1.17} : H = (H_1 + H_2 + \dots + H_n) / m \quad (1.2.11)$$

Формулы (2.9) ... (2.11) справедливы при выпуске сточных вод у берега или в мелководье в верхнюю треть глубины, а расстояние до контрольного пункта отбора проб не превышает 20 км. Ширина водоема в месте выпуска не менее 500 м. При выпуске сточных вод в нижнюю треть глубины начальное и конечное разбавление:

$$n_n = (W_1 + 0.0016 \cdot w \cdot H^2) / (W_1 + 0.00016 \cdot w \cdot H^2) \quad (1.2.12)$$

$$n_0 = 1.85 + 2.32 \cdot (f / \Delta x)^{0.4 + 0.0064 \cdot P / \Delta x} \quad (1.2.13)$$

$$l / x = 4.4 \cdot H^{1.17} : H = (H_1 + H_2 + \dots H_n) / m \quad (1.2.14)$$

$$ПДС = q \cdot C \quad (1.2.15)$$

где $ПДС$ – нормативно допустимый сброс, кг/с, г/с, мг/с; q – максимальный расход сточных вод, м³/с; C – максимальная концентрация загрязняющего вещества, кг/м³, мг/м³, г/м³ (см. формулу 1.2.1).

$$ПДК_1 = C\phi + \sum_{i=1}^N \frac{C_i - C\phi}{n_i} \quad (1.2.16)$$

где $ПДК_1$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, кг/м³; $C\phi$ – фоновая концентрация вещества, кг/м³; n_i – разбавление.

При выпуске загрязняющего вещества в одной точке ($I = 1$) формула для расчета концентрации имеет вид:

$$C_i = (ПДК - C\phi) \cdot n + C\phi \quad (1.2.17)$$

Расчет $ПДС$ для веществ, обладающих суммирующим токсикологическим действием (ЛПВ), проводят с учетом условия:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1; \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (1.2.18)$$

где $C_1, C_2 \dots C_n$ – максимальная концентрация веществ в сточных водах, кг/м³.

1.3. Расчет выбросов вредных веществ

Рассчитаем массу загрязняющего вещества [3]:

$$M_i = U_i \cdot Q_i \cdot (1 - \eta_i) \quad (1.3.1)$$

где M_i – масса загрязняющего вещества, кг; Q_i – количество сжигаемого топлива, кг; u_i – удельный показатель выброса, кг/кг; η_i – КПД газоочистки или золоуловителей

$$M_{TB} = B \cdot A_p \cdot f \cdot (1 - n) \quad (1.3.2)$$

где M_{TB} – количество золы и несгоревшего жидкого и твердого топлива; B – расход топлива, кг/с, т/год; A_p – зольность топлива, %; n – доля частиц, улавливаемых золоуловителями:

$$f = b / (100 - \Gamma)$$

где b – доля золы, уносимой дымовыми газами; Γ – содержание горючего вещества в газах, %.

$$M_{CO} = 0,001 \cdot C \cdot B \cdot (1 - 0,01 \cdot q_4) \quad (1.3.3)$$

где M_{CO} – количество оксида углерода; B – расход топлива, кг/с, т/год; q_4 – потери тепла, вызванные неполным сгоранием топлива из-за конструкции топки, %; C – коэффициент, учитывающий выход вредного вещества при сгорании 1 т топлива или 1000 м³ газа.

$$C = q_3 \cdot R \cdot Q_n \quad (1.3.4)$$

где q_3 – потери тепла вследствие неполноты сгорания топлива, %; Q_n – теплота сгорания топлива, МДж/кг, МДж/м³; R – коэффициент, учитывающий потери тепла, обусловленные наличием в топливе оксида углерода ($R = 1$ для твердого топлива, $R = 0,5$ для газа, $R = 0,65$ для мазута).

$$M_{NO} = 0,001 \cdot B \cdot Q_n \cdot k_{NO} \cdot (1 - h) \quad (1.3.5)$$

где M_{NO} – количество оксида азота; k_{NO} – параметр, характеризующий выход оксидов азота на 1 МДж теплоты, кг/МДж; h – КПД газоочистных устройств.

$$M_{SO} = 0,02 \cdot B \cdot S_{i0} \cdot (1 - h_1) \cdot (1 - h_2) \quad (1.3.6)$$

где M_{SO} – количество оксида серы; S_{i0} – содержание серы в топливе %; h_1 – для оксидов серы, связанных золой топлива: сланцы $h_1 = 0,5 \dots 0,8$; угли $h_2 = 0,2 \dots 0,5$; торф $h_1 = 0,15$; мазут $h_1 = 0,02$; газ $h_1 = 0$; h_2 – КПД газоочистки.

1.4. Эколого-экономический ущерб от загрязнения среды

Ущерб от загрязнения атмосферы определяется по формуле [4,5]:

$$\mathcal{E}_1^{\text{возд}} = \bar{k} \cdot \bar{\gamma}_1 \cdot \bar{\delta}_1 \cdot \bar{f} \cdot M_1, \quad (1.4.1)$$

где κ - коэффициент, характеризующий состояние экономики общества (поправка на инфляцию); γ_1 - удельный ущерб от выброса в атмосферу одной условной тонны вещества, равный 2,4 руб/усл.т; δ_1 - показатель относительной опасности вещества для данной территории; f - поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере; M_1 - приведенная масса годового выброса, усл.т/год.

Приведенную массу годового выброса находят по формуле

$$M_1 = \sum_{i=1}^N B_i \cdot m_i, \quad B_i = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5, \quad (1.4.2)$$

где m_i - масса выброса, т/год; α_1 - показатель относительной опасности вещества для человека; α_2 - коэффициент, учитывающий вероятность накопления вещества и последующего поступления в организм человека неингаляционным путем; α_3 - показатель опасности вещества для природы (кроме человека); α_4 - вероятность вторичного поступления вещества в атмосферу (образование пыли); α_5 - вероятность образования более токсичных веществ из исходных.

Показатель относительной опасности вещества для человека зависит от соотношения ПДК эталона (обычно берут оксид углерода (II) и загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны и населенных

$$\alpha_1 = \sqrt{(\text{ПДК}_{\text{PЗ}}^{\text{CO}} \cdot \text{ПДК}_{\text{СС}}^{\text{CO}})} / \sqrt{(\text{ПДК}_{\text{PЗ}}^{\text{C}} \cdot \text{ПДК}_{\text{СС}}^{\text{C}})}, \quad (1.4.3)$$

где $\text{ПДК}_{\text{PЗ}}^{\text{CO}}$, $\text{ПДК}_{\text{СС}}^{\text{CO}}$ - предельно допустимые концентрации оксида углерода (II) в воздухе рабочей зоны и среднесуточные, мг/м³ $\text{ПДК}_{\text{PЗ}}^{\text{C}}$, $\text{ПДК}_{\text{СС}}^{\text{C}}$ - предельно допустимые концентрации загрязняющего вещества, мг/м³.

Коэффициент вероятности накопления вещества и последующего поступления в организм равен: $\alpha_2 = 5$ для токсичных металлов и оксидов ванадия, марганца, кобальта, никеля, хрома, цинка, мышьяка, кадмия, сурьмы, олова, платины, ртути, свинца, урана, трансурановых элементов; $\alpha_2 = 2$ для других металлов и оксидов, ароматических углеводородов, бензпирена; $\alpha_2 = 1$ для других загрязнителей, выбрасываемых в атмосферу.

Показатель относительной опасности выбросов для природы равен: $\alpha_3 = 2$ в случае кислот, щелочей; $\alpha_3 = 1,5$ для оксидов серы и азота, сероводорода, сероуглерода, неорганических соединений фтора; $\alpha_3 = 1,2$ для неорганических пылей оксидов токсичных металлов, органических веществ; $\alpha_3 = 1$ для

других соединений, в том числе для металлов и их оксидов: кальция, железа, магния, калия.

Вторичный выброс пыли и аэрозолей зависит от количества осадков, выпадающих в регионе. Для территорий со среднегодовым количеством осадков менее 400 мм/год принимают $\alpha_4 = 1,2$, в остальных случаях $\alpha_4 = 1$.

Вероятность образования токсичных веществ принимается равной: $\alpha_5 = 5$ для углеводородов, топлива, бензинов при поступлении в атмосферу южнее 45 северной широты; $\alpha_5 = 2$ для тех же веществ при поступлении в атмосферу севернее 45 северной широты; $\alpha_5 = 1$ для других веществ.

Поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере зависит от выброса, скорости ветра, теплового подъема факела и скорости оседания частиц:

- при скорости оседания частиц менее 1 см/с (для газов)

$$\bar{f} = \frac{100}{100 - \varphi \cdot H} \cdot \frac{4}{1 + U}, \quad (1.4.4)$$

- при скорости оседания частиц от 1 до 20 см/с

$$\bar{f} = \frac{100}{60 - \varphi \cdot H} \cdot \frac{4}{1 + U}, \quad (1.4.5)$$

- при скорости оседания частиц более 20 см/с

$$\bar{f} = 10. \quad (1.4.6)$$

Поправка на тепловой подъем факела

$$\varphi = 1 + \Delta T / 75,$$

где ΔT - разность температур устья источника выброса в атмосфере; H - высота выброса, м; U - среднегодовое значение модуля скорости ветра в данном регионе, м/с (если U неизвестно, берут $U = 3$ м/с).

Коэффициент, характеризующий состояние экономики общества (поправка на инфляцию), принят равным единице для состояния экономики России на период 1984 - 1985 гг. В другие периоды времени расчет проводят на основе сопоставления стоимостного курса рубля к 1985 г.

Линейная модель зависимости эколого-экономического ущерба от загрязнения воды построена по принципу пропорциональности величины ущерба от количества вредных веществ, поступивших в водный объект региона:

$$\mathcal{E}_1^{\text{вод}} = K_1 \cdot \gamma_2 \cdot \sigma_2 \cdot M_2, \quad (1.4.7)$$

где $\mathcal{E}_1^{\text{вод}}$ - эколого-экономический ущерб от загрязнения водоема, руб/год; γ - удельный ущерб от сброса условной тонны вещества в водоем, равный 400 руб/усл.т; σ - показатель относительной опасности веществ для данного региона; K_1 - коэффициент, характеризующий состояние экономики общества

(поправка на инфляцию, $K_1=1$ для 1985 г.); M_2 - приведенная масса годового сброса, усл.т.

Приведенная масса годового сброса пропорциональна массе, умноженной на показатель относительной опасности вещества:

$$M_2 = \sum_{i=1}^N \bar{B}_i \cdot m_i; \quad \bar{B}_i = \frac{1}{\text{ПДК}_{\text{р/х}}}, \quad (1.4.8)$$

где M_2 - масса сброса, т; B_i - показатель относительной опасности вещества; ПДК_{р/х} - предельно допустимая концентрация вещества в водоемах рыбохозяйственного назначения (как правило, нормативы выбросов для водоемов рыбохозяйственного назначения ниже нормативов для воды культурно-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования).

При отсутствии предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного назначения используют ПДК культурно-бытового или хозяйственно-питьевого водопользования, а в случае неисследованных веществ, берут условную величину B_i , равную 50 000.

Показатели относительной опасности веществ для данных регионов приведены в табл. 1.4.1. Каждый показатель равен статистическому весовому вкладу в ущерб для отдельных бассейнов рек.

Таблица 1.4.1

Показатели относительной опасности веществ для различных бассейнов рек

Наименование бассейнов рек	Административный участок	Показатель δ_i
Нева (устье)	Санкт-Петербург, Псковская обл.,	0,47
Северная Двина (устье)	Архангельская, Вологодская области	0,22
	Тамбовская обл.	1,63
Дон (устье) Северский Донец	Белгородская, Харьковская области	3,79
Дон	Ростовская обл.	1,87
Кубань	Краснодарский край	2,60
Обь	Новосибирская обл.	0,92
Енисей	Красноярский край	0,19
Амур	Хабаровский край	0,19
Волга (устье Оки)	Московская, Тульская, Орловская области	2,6

Ущерб от сброса примесей, влияющих на содержание кислорода, оценивают по общей массе кислорода, растворенного в воде, необходимого для полного окисления веществ, а показатель относительной опасности веществ, влияющих на содержание кислорода, равен 0,33.

Приведенная масса загрязнения водоемов бактериальной микрофлорой зависит от отношения коли-индекса в сбросе и его нормативного содержания:

$$M_\delta = \frac{K^1}{K_0^1} \cdot v, \quad (1.4.9)$$

где K^1 - коли-индекс в сточных водах; K_0^1 - норматив коли-индекса; v - объем сброса, млн м³/год.

Производственные и бытовые отходы обезвреживают различными методами переработки или складировуют на свалках, отвалах. В зависимости от методов обезвреживания, складирования происходит вторичное загрязнение атмосферы, воды, почвы. Уровень вторичного загрязнения биосферы зависит от химического состава отходов, их массы, распределения по составу в различных участках экологической системы.

При отчуждении земельных ресурсов ориентировочную оценку эколого-экономического ущерба проводят по формуле

$$\mathcal{E}_1^{\text{н}} = K_1 \cdot \gamma_3 \cdot \sigma_3 \cdot M_3, \quad (1.4.10)$$

где K_1 - коэффициент, характеризующий состояние экономики общества, $K_1 = 1$ для 1985 г.; γ_3 - удельный ущерб от сброса данного вида твердых отходов, руб/т; σ_3 - показатель относительной ценности земельных ресурсов; M_3 - масса годового сброса твердых отходов, т/год.

Удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву равен 2 руб./т для неорганических отходов, 3 руб./т для отходов бытовых свалок и органических веществ.

Показатели относительной ценности земельных ресурсов приведены в табл. 1.4.2.

Таблица 1.4.2

Показатели относительной ценности земельных ресурсов

Земельные ресурсы	Показатель, δ^3
Лес	0,5
Суглинистые почвы	0,5
Лесостепь	0,7
Черноземные почвы	1,0
Орошаемые сельскохозяйственные угодья	2,0

Более точный ущерб от загрязнения почвы учитывает вторичное поступление вредных веществ в воздушный и водный бассейны $\mathcal{E}_1^{\text{возд}}$, $\mathcal{E}_1^{\text{вод}}$, отторжение земель под полигоны, свалки S_1 ; затраты на погрузку, разгрузку, перевозку отходов S_2 ; затраты на создание, эксплуатацию систем складирования и уничтожения отходов S_3 :

$$\mathcal{E}_1^{\text{н}} = \mathcal{E}_1^{\text{возд}} + \mathcal{E}_1^{\text{вод}} + S_1 + S_2 + S_3. \quad (1.4.11)$$

В приведенном выше уравнении параметры S_2 , S_3 существенно зависят от токсикологических характеристик веществ.

Сравнение средозащитных мероприятий осуществляют из условия максимальных приведенных затрат.

Существует методика выбора лучшего варианта по экономическому эффекту мероприятия:

$$\Xi_1 = (\Delta\Xi - 3); \delta\Xi_1 = \max \Xi_1, \quad (1.4.12)$$

где $\Delta\Xi$ - предотвращенный ущерб, руб/год; 3 - затраты, руб/год.

Данная методика предполагает, что сроки эксплуатации природоохран-ных мероприятий одинаковы, а затраты и результаты от внедрения существ-венно не меняются.

1.5. Охрана биосферы от ионизирующего излучения

Дозой излучения называют величину, равную отношению энергии излу-чения к массе облучаемого вещества. Доза излучения определяется по фор-муле

$$D = Q / m \quad (1.5.1)$$

где D - доза излучения, Дж/кг; m - масса облучаемого вещества, кг;
 Q - энергия поглощенного излучения, Дж.

$$N = Q / (m \cdot t) \quad (1.5.2)$$

где N - мощность дозы излучения, Вт/кг или Гр/с.

$$D_s = q / m_s \quad (1.5.3)$$

где q - количество зарядов одного знака, созданных при облучении воздуха, Кл; m_s - масса воздуха, кг.

$$\mathcal{E}D = D \cdot W_R \quad (1.5.4)$$

где $\mathcal{E}D$ - эквивалентная доза облучения, Дж/кг; W_R - взвешивающий коэф-фициент.

Рассчитаем активность радионуклида:

$$\overline{A} = \frac{m}{M_0} \cdot \frac{N_A \cdot \ln 2}{T_{1/2}}, \quad (1.5.5)$$

где m - масса радионуклида, кг; M_0 - молярная или атомная масса радионук-лида; N_A - число Авогадро, равное $6,022 \cdot 10^{26}$ кмоль⁻¹; A - активность радио-нуклида, Бк.

$$\begin{aligned} (x-y) &= n \cdot \frac{k_1}{k_2 - k_1} \cdot (\exp(-k_1 \cdot t) - \exp(-k_2 \cdot t)) \\ y &= n \cdot \left(1 - \frac{k_2}{k_2 - k_1} \cdot \exp(-k_1 \cdot t) + \frac{k_1}{k_2 - k_1} \cdot \exp(-k_2 \cdot t) \right) \\ (n-x) &= n \cdot \exp(-k_1 \cdot t) \end{aligned} \quad (1.5.8)$$

где n - число ядер радиоактивного вещества, подвергшегося распаду в на-чальный момент времени; $(n-x)$ - число ядер вещества, оставшегося к мо-менту времени t ; $(x-y)$ - число появившихся ядер.

1.6. Защита от воздействия шума

1.6.1. Расчет акустического экрана

Основными средствами защиты от шума являются акустические экраны (рис. 1.6.1), звукоизолирующие кожухи, перегородки и другие средства коллективной и индивидуальной защиты.

Акустические экраны устанавливают в случае невозможности применения средств защиты от шума других типов. При этом следует учитывать то, что на низких частотах шума экран практически не действует, так как низкочастотный шум за счет эффекта дифракции огибает экран.

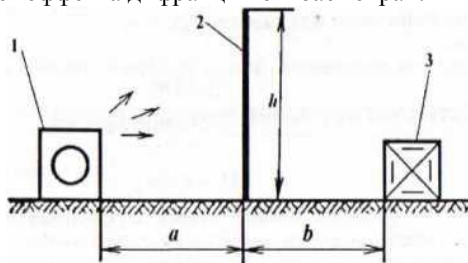


Рис. 1.6.1. Установка акустического экрана:

1 - шумное оборудование; 2 - экран со звукопоглощающей облицовкой; 3 - рабочее место

1. Вычисляют промежуточный коэффициент k по следующей формуле

$$k = 0,05 \sqrt{f^4 \frac{h^2 (l/b)^2}{1 + 4(a/h)^2}}, \quad (1.6.1)$$

где f - частота звука, Гц; h - высота экрана, м; l - длина экрана, м; a - расстояние от экрана до источника шума, м; b - расстояние от экрана до рабочего места, м;

2. По расчетному значению k определяют эффективность экрана $\Delta L_{\text{э}}$ (табл. 1.6.1).

Таблица 1.6.1

Эффективность экрана в зависимости от коэффициента k

k	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	7	10
$\Delta L_{\text{э}}$, дБА	5	8	11	13,5	15	18	20	22	25	30

3. Определяют уровень звукового давления на рабочем месте $L_{\text{р.м}}$ после установки акустического экрана и сравнивают с допустимым уровнем звукового давления $L_{\text{доп}}$.

4. Делают вывод:

а) если $L_{p,m} < L_{доп}$, параметры акустического экрана, необходимого для снижения уровня звукового давления, выбраны верно.

б) если $L_{p,m} > L_{доп}$, необходимо изменить параметры и повторить расчет. Следует помнить, что экраны применяют в случае превышения допустимых значений уровня шума на рабочих местах не менее чем на 10 дБ и не более чем на 20 дБ хотя бы на одной из среднегеометрических частот.

1.6.2. Проектирование звукоизолирующей стены

Одним из способов защиты работников от воздействия повышенного уровня шума является установка звукоизолирующих перегородок или стен.

Звукоизолирующую способность отдельных элементов ограждения для случая проникновения шума из помещения в смежное помещение рассчитывают следующим образом:

$$R_{эф.} = L_{p,сум} - L_{p,доп} - 10 \lg B_{ш} - 10 \lg B_{и} + 10 \lg S_i + 6 + 10 \lg n \quad (1.6.2)$$

где $L_{p,сум}$ - суммарный октавный уровень звуковой мощности, излучаемый оборудованием в шумном помещении; $L_{p,доп}$ - допустимый уровень звукового давления для изолируемого помещения, который подбирается по ГОСТ 12.1.003-83 (табл. 1.6.2); $B_{ш}$ и $B_{и}$ - постоянные шумного и изолируемого помещений в каждой октавной полосе частот; определяются по формуле

$$B = B_{1000} \cdot \mu^n, \quad (1.6.3)$$

где B_{1000} - постоянная помещения при частоте 1000 Гц, определяется в зависимости от объема помещения по таблице 1.6.3 или по рис. 1.6.2.; μ - частотный множитель (табл. 1.6.4); S_i - площади элементов ограждения, м²; n - кол-во элементов ограждения.

Таблица 1.6.3

Соотношения для определения постоянной помещения B_{1000}

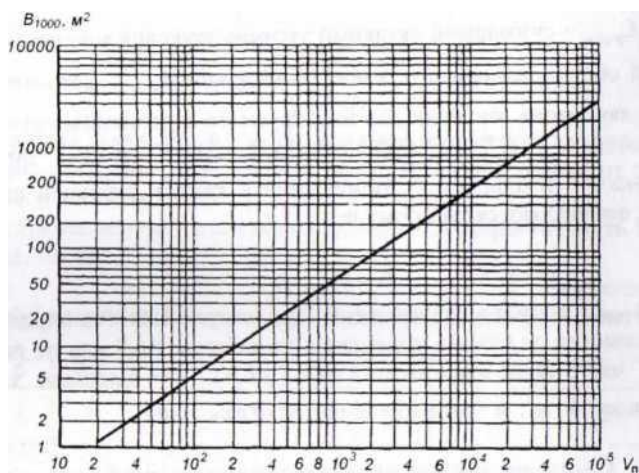
Характер помещения	$B_{1000}, \text{м}^2$
С небольшой численностью людей	V/20
С жесткой мебелью и большой численностью людей или с небольшой численностью людей и мягкой мебелью (лаборатории, деревообрабатывающие и ткацкие цеха, кабинеты и т. п.)	V/10
С большой численностью людей и мягкой мебелью (залы конструкторских бюро, жилые помещения и т. п. учебные аудитории, комнаты управления)	V/6
Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	V/1,5

Таблица 1.6.4

Таблица 1.6.4

Частотный множитель μ для помещений различных объемов

Объем помещения, м ³	Значения μ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Менее 200	0,80	0,75	0,70	0,80	1	1,4	1,8	2,5
200... 1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
Более 1000	0,50	0,50	0,55	0,70	1	1,6	3,0	6,0

Рис. 1.6.2. Зависимость постоянной помещения V_{1000} частоте 1000 Гц от объема помещения (V_n)

По результатам расчета R_{tri} , подбираем соответствующие элементы ограждения (табл. 1.6.5, 1.6.6).

Таблица 1.6.5

**Звукоизолирующая способность (дБ) стен и перегородок
акустически однослойных конструкций**

Материал, конструкция	Толщина, мм	Средняя поверхностная плотность, кг/м ²	Среднегеометрическая частота, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон	0,5 кирпича	220	32	39	40	42	48	54	60	60
	1 кирпича	420	36	41	44	51	58	64	65	65
	1,5 кирпича	520	41	44	48	55	61	65	65	65
	2 кирпича	820	45	45	52	59	65	70	70	70
	2,5 кирпича	1000	45	47	55	60	67	70	70	70
Железобетонная плита	40	100	-	32	36	35	38	47	53	-
	50	125	28	34	35	35	41	48	55	55
	100	250	34	40	40	44	50	55	60	60
	160	400	-	43	47	51	60	63		
	200	500	40	42	44	51	59	65	65	65
	300	750	44,5	44,5	50	58	65	69	69	69
	400	1000	47,5	47,5	55	61	67,5	70	70	70
	800	2000	47,5	55	61	67	70	70	70	70
Гипсолитовая плита	80	115	-	28	33	37	39	44	44	42
	95	135	-	32	37	37	42	48	53	-
Керамзитобетонная плита	0	100	-	33	34	39	47	52	54	-
	120	150	-	33	37	39	47	54	-	-
Газобетонная плита	240	270		39	42	57	56	54	52	
Пемзобетонная панель, оштукатуренная с двух сторон	130	225	-	37	34	46	50	60	65	-
Шлакобетонная панель	250	400		30	45	52	59	64	64	-
	140	250	-	-	41	45	49	51	51	-
Шлакоблоки, оштукатуренные с двух сторон	220	360	-	42	42	48	54	60	63	-

Таблица 1.6.6

Звукоизолирующая способность (дБ) дверей

Конструкция	Условия прилегания двери по периметру	Среднегеометрическая частота, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Обыкновенная филенчатая дверь	Без уплотняющих прокладок	7	12	14	16	22	22	20	-
	С уплотняющими прокладками из резины	12	18	19	23	30	33	30	-
Глухая щитовая дверь марки ДБ-9 толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	Без уплотняющих прокладок	17	22	23	24	24	24	23	2
	С уплотняющими прокладками из резины	22	27	27	32	35	34	35	-
Типовая дверь П-327	Без уплотняющих прокладок	-	-	23	31	33	34	36	44
	С уплотняющими прокладками из пористой резины	-	-	30	33	35	39	41	42
Щитовая дверь из твёрдых древесно-волокнистых плит толщиной 4-6 мм с воздушным зазором 50 мм и заполнением стекловатой	Без уплотняющих прокладок	-	25	26	30	31	28	29	-
	С уплотняющими прокладками из пористой резины	-	28	30	33	36	32	30	-
То же, с заполнением минеральным волокном	Без уплотняющих прокладок	-	24.	24	28	27	25	24	-
	С уплотняющими прокладками из пористой резины	-	28	28	32	34	32	32	-

1.7. Проектирование системы освещения

Находимый световой поток от одной лампы накаливания или группы ламп светильника при люминесцентных лампах рассчитывают по формуле

$$\Phi_A = \frac{E_n \cdot K_z \cdot S_n \cdot Z}{\eta \cdot N_c \cdot \gamma}, \quad (1.7.1)$$

где E_n - нормированная минимально-допустимая освещенность, лк (табл. 1.7.1); K_z - коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и снижение светотдачи в процессе эксплуатации, зависящий от вида технологического процесса, выполняемого в помещении и рекомендуемый в нормативах СНиП 23-05-95 (табл. 1.7.2); S_n - площадь освещаемого помещения, м²; Z - коэффициент неравномерности освещения, который зависит от типа ламп (для ламп накаливания и дуговых ртутных ламп - 1,15, для люминесцентных ламп - 1,1); η - коэффициент использования светового потока ламп, учитывающий долю общего светового потока, приходящуюся на расчетную плоскость, и зависящий от типа светильника, коэффициента отражения потолка ρ_n и стен ρ_c , высоты подвеса светильников, размеров помещения, определяемых индексом i помещения, (табл. 1.7.3, 1.7.4); N_c - число светильников в помещении; γ - коэффициент затенения, который вводится в расчет только при наличии крупногабаритного оборудования, затеняющего рабочее пространство.

Таблица 1.7.1.

Нормы освещенности (выдержки из СНиП 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение	
						Освещенность, лк	
						При комбинированном освещении	При общем освещении
1	2	3	4	5	6	7	8
Средней точности	Св. 0,5 до 1	IV	a	Малый	Темный	750	300
			b	Малый Средний	Средний Темный	500	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200
			г	Средний Большой	Светлый Средний	-	200
Малой точности	Св. 1 до 5	V	a	Малый	Темный	400	300

1	2	3	4	5	6	7	8
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	—	200
			г	Средний Большой	Светлый Средний	—	200
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	-	200	
Общее наблюдение за ходом производств енного	-	VIII	а	«	-	200	
			б	«	-	75	
			в	«	-	50	
			г	«	-	30	

Коэффициент использования светового потока ламп определяют по таблицам, приводимым в СНиП 23-05-95, в зависимости от типа светильника, p_c , p_n и индекса i . Некоторые значения представлены в табл. 1.7.4.

Индекс помещения рассчитывают по формуле

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{cv}(A + B)}, \quad (1.7.2)$$

где A - длина помещения, м; B - ширина помещения, м; H_{cv} - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Таблица 1.7.2

Значение коэффициента запаса, учитывающего старение лампы, запыление и загрязнение светильника

Помещение	Коэффициент запаса K_z				
	При естественном освещении			При искусственном освещении	
	Вертикально	Наклонно	Горизонтально	Газоразрядные лампы	Лампы накаливания
1. Производственные помещения с содержанием в воздушной среде: а) свыше 5 мг/м^2 пыли, дыма, копоти	1,5	1,7	2	2	1,7
б) от 1 до 5 мг/м^3	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
в) менее 1 мг/м^3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
2. Помещения общественных и жилых зданий	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3

Таблица 1.7.3

Приблизительное значение коэффициентов отражения стен и потолка

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения
Побеленный потолок, побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при незавешенных окнах, побеленный потолок в сырых помещениях, чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях, деревянный потолок, бетонные стены с окнами, стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолок в помещениях с большим количеством темной пыли, сплошное остекление без штор красный кирпич, стены с темными обоями. Темная расчетная поверхность или темный пол	10

Таблица 1.7.4

Значение коэффициента использования светильников

Индекс помещения	Тип светильника														
	"Астра-1.11,12", У, УМП-15					ММР, НСП-01, НСП-0					УАД, ДРЛ				
	Коэффициенты отражения, ррр %														
	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
	3	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,5	24	22	20	17	16	19	18	12	9	6	30	30	23	20	18
0,6	34	32	26	23	21	24	23	15	11	8	37	36	30	27	26
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,7	42	39	34	30	29	29	27	19	15	12	42	40	33	31	29
0,8	46	44	38	34	33	33	31	23	18	14	45	43	37	34	33
0,9	49	47	41	37	36	35	33	25	19	15	47	45	40	37	35
1.0	51	49	43	39	37	37	35	26	20	16	49	47	41	40	38
1.1	53	40	45	41	39	40	37	28	22	18	54	50	43	42	40
1.5	56	52	47	43	41	43	40	30	24	19	55	53	47	44	42
1.5	60	55	50	46	44	46	42	32	25	20	59	56	50	48	45
1,5	63	58	53	48	46	49	45	35	27	22	62	58	53	50	48
2.0	66	60	55	54	49	52	47	37	29	23	67	60	59	53	50
2,5	68	62	57	53	54	54	19	39	31	24	69	62	57	54	52
2,5	70	64	59	55	53	56	50	40	32	25	71	63	59	57	53
3.0	73	66	63	58	56	60	53	43	35	27	73	66	60	58	56
3,5	76	68	64	61	59	62	55	45	36	28	75	67	61	59	57
4.0	78	70	66	62	60	64	57	47	38	30	77	69	63	61	58
5.0	81	73	69	64	62	67	59	49	40	32	79	70	66	63	60

По полученному в результате расчета по формуле (1.7.1) световому потоку выбирают ближайшую стандартную лампу и определяют ее необходимую мощность. Световые и электрические параметры некоторых наиболее широко используемых ламп приведены в табл. 1.7.5. Умножив электрическую мощность лампы на количество светильников N_s , можно определить электрическую мощность всего освещения помещения.

Таблица 1.7.5

Технические данные ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм
1	2	3	4	5	6
накаливания общего назначения					
НВ127-15	15	130	НВ220-15	15	105
НВ 127-25	25	235	НВ220-25	25	205
НБ127-40	40	440	НБ220-40	40	370
НБ127-60	60	740	НБ220-60	60	620
НБ127-75	75	980	НБ220-75	75	840
НБ 127-100	100	1400	НБ220-100	100	1240
НГ127-150	150	2300	НГ220-150	150	1900
НГ127-200	200	3200	НГ220-200	200	2700
НГ127-300	300	5150	НГ220-300	300	4350
НГ127-500	500	9100	НГ220-500	500	8100
НГ127-750	750	14250	НГ220-750	750	13100
НГ 127-1000	1000	19500	НГ220-1000	1000	18200
НГ127-1500	1500	29500	НГ220-1500	1500	28000
В215-225-25	25	220	ЦБК 127-40	40	490
В215-225-40	40	415	НБК127-60	60	820
В215-225-60	60	715	НБК127-75	75	1080
В215-225-75	75	950	НБК127-100	100	1560
В215-225-100	100	1350	НБК220-40	40	430
В215-225-150	150	2100	НБК220-60	60	700
В215-225-200	200	2920	НБК220-75	75	950
Г215-225-300	300	4610	НБК220-100	100	1380
Г215-225-500	500	8300			
накаливания местного назначения					
МО12-15	15	180	МО36-40	40	450
МО 12-25	25	300	МО36-60	60	800
МО 12-40	40	520	МО36-Ю0	100	1550
МО 12-60	60	850	МО36-150	150	2450
МО36-25	25	235			
люминесцентных					
ЛБВ20	20	800	ЛТБ80	80	4720
ЛБВ40	40	2360	ЛХБ20	20	950
ЛБ20	20	1180	ЛХБ40	40	2780
ЛБ40	40	3000	ЛХБ65	65	4100
ЛБ65	65	4550	ЛХБ80	80	4600
ЛБ80	80	5220	ЛД20	20	920
ЛБВ30	30	1400	ЛД40	40	2340
ЛБК20	20	820	ЛД65	65	3570
ЛБК22	22	850	ЛД80	80	4070
ЛБК32	32	1500	ЛДЦ20	20	820
ЛБК40	40	2200	ЛДЦ40	40	2100
ЛТБ20	20	975	ЛДЦ65	65	3050
ЛТБ40	40	2780	ЛДЦ80	80	3560
ЛТБ65	65	4200			

При выборе типа лампы допускается отклонение от расчетного светового потока лампы $\Phi_{\text{л}}$ до - 10 % и +20 %. Если такую лампу не удалось подобрать, выбирают другую схему расположения светильников, их тип и повторяют расчет.

Расчет освещения от светильников с люминесцентными лампами целесообразно выполнять, предварительно задавшись типом, электрической мощностью и величиной светового потока ламп. С использованием этих данных необходимое число светильников определяют по формуле

$$N_c = \frac{E_n \cdot S_p \cdot Z \cdot K_z}{N_p \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta \cdot \gamma} \quad (1.7.3)$$

где N_p - число принятых рядов светильников.

1.8. Расчёт устойчивости откоса

Определение устойчивости массивов грунта имеет большое практическое значение при проектировании таких земляных сооружений, как насыпи, выемки, дамбы. Нарушение равновесия на откосах сопровождается сползанием больших масс грунта и происходит внезапно. Такие явления носят опасный характер, как для автомобильных дорог, так и зданий, находящихся на откосах.

Для расчета откосов широко применяется метод круглоцилиндрической поверхности скольжения. Метод заключается в нахождении центра вращения линии скольжения (точка О) и расчете коэффициента устойчивости откоса. При этом решается плоская задача механики фунтов, т.е. в расчетах рассматривается часть бесконечного откоса шириной 1,0 м (рис. 1.8.1).

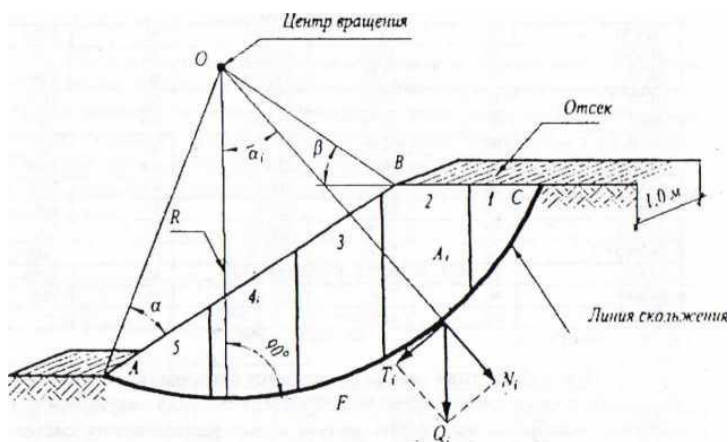


Рис. 1.8.1. Схема действия сил на откосе

Коэффициент устойчивости — это отношение моментов сил, удерживающих откос в состоянии равновесия, к моменту сил, сдвигающих откос:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (1.8.1)$$

Для расчетов этих сил призму ABC разделяют на несколько отсеков. Силы взаимодействия в вертикальных плоскостях между отсеками не учитываются. Вес грунта в откосе раскладывается на две составляющие: касательные (T), направленные вдоль линии скольжения, и нормальные (N_i), перпендикулярные направлению касательных напряжений. При расчете учитываются следующие основные параметры:

- 1) физико-механические свойства:
 γ - удельный вес, кН/м^3 ;
 φ - угол внутреннего трения, градус;
 c - удельное сцепление, кПа ;

- 2) геометрические параметры откоса:

H - высота откоса, м;
 A_i - площадь блока, м^2 ;
 l_1 - длина дуги скольжения, м;

- 3) силовые параметры:

Q - вес блока, кН ;
 T - сдвигающая сила, кН/м ;
 N_i - нормальная сила, кН/м ;
 F_i - сила трения грунта о фунт, кН/м .

Откос считается устойчивым, если $n \geq 1.2$. (1.8.2)

1.9. Расчёт подпорной стенки на плоский сдвиг по подошве

Когда устойчивость откоса требуемой крутизны не обеспечивается, а уположить откос нельзя, для его поддержания приходилось устраивать подпорные стенки. Последние, поддерживая грунт, испытывают с его стороны давление, которое называют *активным давлением* (E_a). Обычно подпорная стенка заглубляется в грунт и её смещению препятствует грунт с передней стороны стенки (рис. 1.9.1). Такое сопротивление грунта называется *пассивным давлением* (E_p). Препятствует горизонтальному смещению также сила трения стенки о грунт по подошве (L).

Подпорная стенка сохраняет устойчивость при условии:

$$E_a < (Gf + E_p), \quad (1.9.1)$$

где G - вес подпорной стенки на погонную длину 1 м, кН (т) .

$$G = H \cdot b \cdot \gamma, \quad (1.9.2)$$

где H - высота подпорной стенки, м; b - ширина подпорной стенки, м; γ - удельный вес грунта, кН/м³.

Рассмотрим случай, когда подпорная стенка с вертикальной гладкой поверхностью поддерживает массив песчаного грунта горизонтальной сложения. Тогда величины равнодействующих активного и пассивного давлений определяются по следующим формулам:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (1.9.3)$$

$$E_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (1.9.4)$$

где H - высота подпорной стенки, м; h - глубина заглубления стенки в грунт, м; φ - угол внутреннего трения грунта, град.

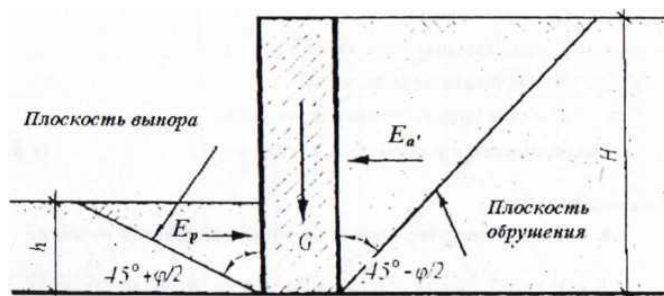


Рис. 1.9.1. Схема действия сил на подпорную стенку

Точки приложения E_a и E_p находятся соответственно на расстоянии $1/3 H$ и $1/3 h$ от подошвы подпорной стенки.

2. Типовые задачи и задания для выполнения расчетно-графических заданий

Расчетно-графическое задание состоит из восьми задач. Номер задачи выбирается, согласно последней цифре зачетной книжки. Расчетно-графическое задание выполняется в тетради рукописным текстом с обязательной ссылкой на используемые методики и литературные источники.

2.1. Экспертиза состояния атмосферы

Пример 1. Определить количество твердых веществ, поступающих в атмосферу при сжигании каменного угля, в топке с неподвижной решеткой. Расход топлива 200 кг/ч, КПД золоуловителя равен 0,7, зольность угля - 28 %.

Решение. Количество твердых веществ, поступающих в атмосферу, рассчитываем по формуле 1.3.2. Коэффициент f для угля и топки с неподвижной решеткой равен 0,0023:

$$M = 200 \cdot 0,0023 \cdot 28 \cdot (1 - 0,7) = 3,86 \text{ кг/ч.}$$

Пример 2. Рассчитать концентрацию оксидов серы в приземном слое атмосферы при сжигании топлива котельной. Высота трубы 35 м, диаметр устья 1,4 м, скорость выхода газовой смеси 7 м/с, температура газовой смеси 125 °С, температура окружающего воздуха 25 °С, мощность выброса 0,2 г/с, коэффициент стратификации атмосферы 200, коэффициент рельефа местности 1 (расстояние от трубы 50, 100, 200, 400, 1000, 3000 м).

Решение. Расчет расхода газовой смеси, проводим по (1.1.2):

$$V_1 = (3,14 \cdot 1,4^2 \cdot 7) / 4 = 10,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

Рассчитываем перегрев газовой смеси: $\Delta T = 125 - 25 = 100^\circ \text{C}$.

Параметр f находим по (1.1.3):

$$f = (1000 \cdot 7^2 \cdot 1,4) / (35^2 \cdot 100) = 0,56$$

Параметр v_M , рассчитываем по (1.1.6):

$$v_M = 0,65 \sqrt{\frac{10,8 \cdot 100}{35}} = 2,04$$

Параметр v'_M , определяем по (1.1.6):

$$v'_M = 1,3 \frac{7 \cdot 1,4}{35} = 0,36$$

Параметр f рассчитываем по (1.1.4):

$$f = 800 \cdot 0,36^3 = 38,6$$

Коэффициент m рассчитываем по (1.1.7), так как $f < 100$:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{0,56} + 0,34 \sqrt[3]{0,56}} = 0,98$$

Коэффициент n при $f < 100$ определяем в зависимости от v_M по (1.1.8): $n = 1$, $v_M \geq 2$.

Коэффициент d определяем при $v_M \geq 2$ и $f < 100$:

$$d = 7 \cdot (2,04)^{1/2} \cdot [1 + 0,28 \cdot (0,56)^{1/3}] = 12,3$$

Максимальная концентрация двуокиси серы, мг/л, рассчитывается по:

$$C_M = (200 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 1) / (35^2 \cdot (10,8 \cdot 100)^{1/3}) = 0,003 \text{ мг/л.}$$

Расстояние x_M , м, от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения C_1 определяется по (1.1.14):

$$x_M = \frac{(5 - 1) \cdot 12,3 \cdot 35}{4} = 430,5 \text{ м}$$

Определим отношение X/X_m :

$x = 50 \text{ м}$	$x/x_M = 0,116$
$x = 100 \text{ м}$	$x/x_M = 0,232$
$x = 200 \text{ м}$	$x/x_M = 0,465$
$x = 400 \text{ м}$	$x/x_M = 0,930$
$x = 1000 \text{ м}$	$x/x_M = 2,322$
$x = 3000 \text{ м}$	$x/x_M = 6,969$

Коэффициент S для расстояния x определяем по (1.1.15): при $x/x_M \leq 1$:

$$S = 3 \cdot 0,116^4 - 8 \cdot 0,116^3 + 6 \cdot 0,116^2 = 0,069$$

$$S = 3 \cdot 0,232^4 - 8 \cdot 0,232^3 + 6 \cdot 0,232^2 = 0,238$$

$$S = 3 \cdot 0,465^4 - 8 \cdot 0,465^3 + 6 \cdot 0,465^2 = 0,698$$

$$S = 3 \cdot 0,93^4 - 8 \cdot 0,93^3 + 6 \cdot 0,93^2 = 0,998$$

при $1 < x/x_M \leq 8$:

$$S = 1,13 / (0,13 \cdot 2,32^2 + 1) = 0,664$$

$$S = 1,13 / (0,13 \cdot 6,97^2 + 1) = 0,155$$

Приземную концентрацию вещества, мг/м^3 , по оси факела при неблагоприятных метеорологических условиях рассчитываем по (1.1.15):

$x = 50 \text{ м}$	
$x = 100 \text{ м}$	$C = 0,003 - 0,069 = 0,0002$
$x = 200 \text{ м}$	$C = 0,003 - 0,232 = 0,0007$
$x = 400 \text{ м}$	$C = 0,003 - 0,698 = 0,002$
$x = 1000 \text{ м}$	$C = 0,003 - 0,998 = 0,003$
$x = 1000 \text{ м}$	$C = 0,003 - 0,664 = 0,002$
$x = 3000 \text{ м}$	$C = 0,003 - 0,155 = 0,0005$

Пример 3. Рассчитать количество оксидов азота, выделяющихся при сжигании природного газа, в топке мощностью 80 кВт. Теплотворная способность топлива 25 МДж/кг. Расход топлива 200 кг/ч. Газоочистка отсутствует, $h_i = 0$. Коэффициент k , характеризующий количество оксидов азота, выделяющихся при горении топлива, равен 0,073 кг/МДж.

Решение. Рассчитаем количество оксидов азота, кг/ч по формуле (1.3.4):

$$M = 0,001 \cdot 200 \cdot 25 \cdot 0,073 = 0,365 \text{ кг/ч.}$$

Задания для выполнения РГЗ

Задача 1. Найти количество оксидов серы (IV), выделяемого при сжигании 1000 т мазута, содержащего 1 % тиофена $\text{C}_4\text{H}_6\text{S}$.

Задача 2. Рассчитать максимальную концентрацию оксида серы (IV) на расстоянии 3 км от трубы. Высота трубы 35 м, диаметр 1,4 м, линейная скорость выхода газовой смеси из устья трубы 7 м/с, температура смеси 125 °С, температура воздуха 25 °С. Коэффициент температурной стратификации $A = 200$, мощность выброса $M = 20 \text{ г/с}$, коэффициент учета рельефа местности $\eta = 1$.

Задача 3. Определить предельно допустимый выброс оксидов серы (IV) для одиночного источника с круглым устьем. Исходные данные для расчета: ПДК оксида серы (IV) $0,5 \text{ мг/м}^3$; фоновая концентрация $0,3 \text{ мг/м}^3$; высота трубы 15 м ; коэффициент атмосферной стратификации 180 ; температура окружающей среды $25 \text{ }^\circ\text{C}$; температура газозвушной смеси на выходе из трубы $185 \text{ }^\circ\text{C}$, объемная скорость выхода газозвушной смеси 5 м/с , диаметр трубы $1,8 \text{ м}$. найти предельно допустимый выброс в случае холодной газозвушной смеси.

Задача 4. На окраине города планируется строительство для производства пара и горячей воды. Котельная работает на природном газе. Определить высоту трубы котельной, которая обеспечит нормативное качество вредных веществ в приземном слое (оксиды азота, оксид углерода (II)). Исходные данные для расчета: расход топлива $10000 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$; теплотворная способность топлива 35 МДж/м^3 , потери тепла в топке 10% ; количество вредных веществ, образующихся на единицу тепла: $\kappa_1 = 0,25$, $\kappa_2 = 0,1 \text{ мг/МДж}$; фоновые концентрации оксидов азота и оксидов углерода (II) соответственно равны $0,04$ и $0,15 \text{ мг/м}^3$. Коэффициент атмосферной стратификации, рельефа местности равны 180 . Объемная скорость выхода газов из трубы и их перегрев соответственно составляют $7 \text{ м}^3/\text{с}$, $180 \text{ }^\circ\text{C}$. Диаметр трубы 2 м .

Задача 5. Найти предельно допустимый выброс для оксида серы (IV) в случае двух одинаковых одиночных источников с координатами $\{X, Y\}$: $\{1500, 1000\}$, $\{1000, 1500\}$. Высота труб 20 м ; объемная скорость выхода газов $5 \text{ м}^3/\text{с}$; диаметр труб $1,5 \text{ м}$; коэффициент атмосферной стратификации 180 ; температура выходящих газов $225 \text{ }^\circ\text{C}$; температура воздуха $25 \text{ }^\circ\text{C}$; фоновая концентрация оксида серы (IV) $0,15 \text{ мг/м}^3$; ПДК $0,5 \text{ мг/м}^3$. Выведите общую формулу для задач подобного типа.

Задача 6. Найти предельно допустимый выброс для оксида серы (IV) в случае трех одинаковых источников, расположенных на расстоянии 300 м друг от друга при условии, что источники расположены на одной прямой. Высота труб 20 м ; объемная скорость выхода газов $5 \text{ м}^3/\text{с}$; диаметр труб $1,5 \text{ м}$; коэффициент атмосферной стратификации 180 ; температура выходящих газов $225 \text{ }^\circ\text{C}$; температура воздуха $252 \text{ }^\circ\text{C}$; фоновая концентрация оксида серы (IV) $0,15 \text{ мг/м}^3$; ПДК $0,5 \text{ мг/м}^3$.

Задача 7. Вы пришли на кухню и закипятили чайник на газовой плите. Определите концентрацию оксидов азота и оксида углерода (II) в долях ПДК при отсутствии вентиляции. Исходные данные для расчета: объем кухни 35 м^3 ; удельные показатели выбросов вредных веществ соответственно $0,03$ и $0,015 \text{ кг/кг}$; теплотворная способность топлива 35 МДж/кг ; КПД горелки 60% ; масса воды 3 кг , температура воды $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Предельно допустимые концентрации вредных веществ $0,085, 5 \text{ мг/м}^3$.

Задача 8. Определить количество твердых веществ, поступающих в атмосферу при сжигании каменного угля в топке с неподвижной решеткой. Расход топлива 4800 кг/сут , зольность 25% , КПД золоуловителей 72% , ко-

эффект учитывающий выброс твердого вещества в атмосферу, равен 0,0023 кг/кг.

Задача 9. Оценить количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу тепловой электростанцией, работающей на угле. Годовая потребность ТЭС в угле 500000 т. Газоочистные сооружения отсутствуют. Удельные показатели выбросов для твердых веществ, оксида серы (IV), оксида углерода (II), оксида азота (IV), бензпирена соответственно равны 0,06; 0,07; 0,05; 0,002; $2 \cdot 10^{-6}$ кг/кг.

Задача 10. При сгорании 1 кг топлива в двигателе автомобиля образуется 0,03 кг оксида углерода (II). Сколько времени может работать автомобиль в гараже при отсутствии вентиляции, чтобы качество воздуха соответствовало нормативному уровню содержания оксида углерода (II) 5 мг/м³? Расход топлива 5 кг/ч, объем гаража 50 м³.

2.2. Экспертиза состояния водного бассейна

Пример 1. В водоеме для рыбохозяйственных целей сбрасывают сток, содержащий азот аммонийный. Рассчитать нормативный допустимый сброс загрязняющего вещества, если средняя глубина водоема 2,3 м, а расстояние от места сброса до контрольной точки отбора проб воды на качество 100 м. Расход воды 10,8 м³/ч, фоновая концентрация загрязняющего вещества 0,37 мг/л.

Решение. При выпуске сточных вод в мелководье (средняя глубина водоема $H < 5$ м) или в верхнюю треть глубины водоема кратность начального разбавления равна:

$$n_{\text{н}} = (10,8 + 0,0022 \cdot 5 \cdot 2,3) / (10,8 + 0,0022 \cdot 5 \cdot 2,3) = \frac{10,8253}{10,8253} = 1,002$$

Основное разбавление

$$n_0 = 1 + 0,4 \cdot (I/x)^{0,627+0,00025,8} \quad n_0 = 1 + 0,4 \cdot \left(\frac{100}{17,3}\right)^{0,627+0,00025,8} = 2,2$$

$$x = 6,53 \cdot H^{1,17}, \quad x = 6,53 \cdot 2,3^{1,17} = 17,3, \quad I/x = 100/17,3 = 5,78 \quad (2.2.1)$$

Общая кратность разбавления равна произведению начального и основного разбавления:

$$n = 1,002 \cdot 2,2 = 2,2044$$

Используя найденную кратность разбавления, рассчитаем концентрацию загрязняющего вещества в стоке (формулы 1.2.18) и определим нормативный допустимый сброс (НДС):

$$C = (0,5 - 0,37) \cdot 2,2044 + 0,37 = 0,66 \text{ мг/л}$$

где $C_{\text{ф}}$ - фоновая концентрация вещества, мг/л.

$$\text{НДС} = 0,66 \cdot 10,8 = 7,09 \text{ г/ч}$$

Пример 2. Рассчитать кратность разбавления при сбросе сточных вод у берега в реку на расстоянии 500 м от места сброса. Гидрологические пара-

метры реки: глубина 2 м; ширина 10 м; скорость расхода воды в реке $10 \text{ м}^3/\text{с}$; расход воды в стоке $1 \text{ м}^3/\text{с}$; скорость речного потока $0,5 \text{ м/с}$.

Решение. В реальных условиях разбавление стока зависит от коэффициента смешения, показывающего, какая часть речной воды смешивается со сточной.

Коэффициент смешения рассчитывают по формуле (1.2.4)

$$C = 2^{0,26} / 0,03 = 39,1 \quad D = 9,8 \cdot 0,5 \cdot 2 / 39,9^2 = 0,006$$

Так как $H > 1$, то $y = 0,26$

$$C = \frac{1}{0,03} \cdot 2^{0,26} = 39,9; \quad D = \frac{9,8 \cdot 0,5 \cdot 2}{39,9^2} = 0,006$$

При выпуске стока у берега $\varphi = 1$, $\xi = 1$

$$\alpha = \sqrt[3]{\frac{0,006}{1}} = 0,182$$

$$\gamma = [\exp(-\frac{0,182}{\sqrt[3]{500}})] / [1 + \frac{1}{10} \exp(-\frac{0,182}{\sqrt[3]{500}})] = \frac{0,978}{1 + 0,10978} = 0,89$$

Кратность разбавления по формуле (1.2.4):

$$n = 1 + 0,89 \cdot \frac{10}{1} = 9,9$$

Задания для выполнения РГЗ

Задача 1. Рассчитать общее разбавление при сбросе сточных вод в водохранилище у берега, если глубина водоема 2 м, расстояние от места сброса до контрольной точки отбора проб 100 м, расход сточной воды $10,8 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Задача 2. Рассчитать общее разбавление при сбросе сточных вод в водохранилище у берега, если глубина водоема 2,5 м, расход воды в стоке $12 \text{ м}^3/\text{ч}$. Выпуск сточных вод производится в нижнюю треть глубины водоема.

Задача 3. Рассчитать концентрацию загрязняющего вещества в реке на расстоянии 500 м от места сброса, если расход воды в реке $10 \text{ м}^3/\text{с}$, расход воды в стоке $1 \text{ м}^3/\text{с}$, коэффициент смешений 0,22, максимальная концентрация загрязняющего вещества 10 г/л, фоновая концентрация 2 г/л.

Задача 4. Рассчитать максимальную концентрацию загрязняющего вещества при сбросе сточных вод у берега на расстоянии 500 м, если известно, что ПДК равно 5 мг/м^3 , фоновая концентрация 2 г/л, ширина 10 м, расход воды в реке $10 \text{ м}^3/\text{с}$, расход воды в стоке $1 \text{ м}^3/\text{с}$, скорость речного потока $0,05 \text{ м/с}$.

Задача 5. При нахождении расхода сточных вод был использован метод индикатора, который до этого не содержался в сточных водах. Расход индикатора 1 л/с, концентрация индикатора 1 г/л. В контрольной точке концентрация индикатора в стоке составила 0,0001 г/л. Найти расход стока при условии его полного смешения с водой индикатора.

Задача 6. Оценить кратность разбавления стока при сбросе сточных вод у берега в реку на расстоянии 500 м от места сброса. Гидрологические параметры реки: глубина 2,5 м, ширина 15 м, расход воды в реке $20 \text{ м}^3/\text{с}$, расход воды в стоке $5 \text{ м}^3/\text{с}$, скорость речного потока 1 м/с.

Задача 7. Найти НДС для сброса в реку азота аммонийного. ПДК по азоту аммонийному равно 0,5 мг/л, расход стока 10 м³/ч, кратность разбавления - 20, фоновую концентрацию не учитывать.

Задача 8. Найти НДС для сброса азота нитритного. ПДК по азоту нитритному равно 0,2 мг/л, расход стока 20 л/мин. Кратность разбавления - 10. Фоновая концентрация 0,04 мг/л.

Задача 9. Найти НДС для источника загрязнения реки сбросами хлоридов, сульфатов, нитратов, фосфатов. Данные для расчета приведены в табл. 2.2.1.

Таблица 2.2.1

Исходные данные для расчета НДС

Сбросы вредных веществ	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
ПДК, мг/л	100	300	9	3
C, мг/л	3	100	50	15
Разбавление	4	5	10	5

Задача 10. Найти НДС для веществ, обладающих лимитирующим токсикологическим действием, если расход воды в стоке 1 м³/с, их ПДК равны 0,01; 0,05; 0,1 мг/л, а концентрации составляют 100, 9, 3 мг/л соответственно.

2.3. Эколого-экономический ущерб от загрязнения среды

Пример 1. Определить приведенную массу годового сброса, если ПДК вещества в водоеме рыбохозяйственного назначения составляет 0,02 мг/л, масса сброса 1 т.

Решение. Приведенная масса годового сброса определяется по (1.4.8):

$$\begin{aligned}\overline{B}_i &= 1 / 0,02 = 50 \\ M_i &= 50 \cdot 1 = 50 \text{ усл.т.}\end{aligned}$$

Пример 2. Рассчитать эколого-экономический ущерб при отчуждении земельных ресурсов, если масса годового сброса твердых отходов составляет 350000 т/год; показатель относительной ценности земельных ресурсов 0,7; удельный ущерб от выброса загрязнителя в почву равен 2 руб/т.

Решение. При отчуждении земельных ресурсов ориентировочную оценку экономического ущерба проводят по (1.4.10):

$$\mathcal{U}^n = 1 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 350000 = 490000 \text{ руб/год.}$$

Задания для выполнения РГЗ

Задача 1. Определить экономический ущерб от сброса стока, содержащего фосфаты, гидрохинон, нитриты. Концентрации вредных веществ равны 2, 3, 5 мг/л, а ПДК составляют 0,25; 0,05; 0,02 мг/л соответственно. Расход сто-

ка - $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$, показатель относительной опасности веществ принять равным 1,63.

Задача 2. Рассчитать приведенную массу годового сброса стока, содержащего фосфаты, гидрохинон, нитриты, если масса сброса вредных веществ составляет 6; 15; 10 т, а ПДК равны 0,25; 0,05; 0,02 мг/л соответственно.

Задача 3. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения вод, в состав которых входят хлориды, сульфаты, фосфаты и нитраты. Массы сброса вредных веществ равны 1; 2; 5; 7 т, а ПДК составляют 300; 100; 2,6; 9,1 мг/л соответственно.

Задача 4. Определить приведенную массу загрязнения водоемов бактериальной микрофлорой. Отношение коли-индекса в сбросе и его нормативного содержания равно 2,5 и объем сброса 1350 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$.

Задача 5. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения почвы при массе годового сброса 15000 т/год. Загрязнение производится выбросами неорганическими веществ; отходами бытовых свалок и органических веществ. Показатель относительной ценности земельных ресурсов принять равным 0,7.

Задача 6. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения почвы, если вторичное поступление вредных веществ в воздушный бассейн составляет 600 млн руб/год. Отторжение земель под полигоны и свалки 5 руб/т, затраты на погрузку, разгрузку 10 руб/т, затраты на эксплуатацию систем складирования и уничтожения отходов 0,25 руб/т. Приведенная масса годового сброса 50 усл. т показатель относительной опасности веществ принять равным 3,79.

Задача 7. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения почвы, если отторжение земель под полигоны и свалки 5 руб/т, затраты на эксплуатацию систем складирования и уничтожения отходов 0,25 руб/т, затраты на погрузку, разгрузку 10 руб/т. Приведенная масса годового сброса 35 усл. т. показатель относительной опасности веществ для человека 0,01. Коэффициент, учитывающий вероятность накопления вещества, равна 1. Показатель опасности вещества для природы, кроме человека равен 1. Вероятность вторичного поступления вещества в атмосферу - 1. Вероятность образования более токсичных веществ из исходных - 1. Масса выброса 200000 т/год, при скорости оседания пыли более 20 см/с.

Задача 8. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами тепловой электростанции, работающей на угле. Количество сжигаемого угля 20 тыс. т/год, содержание золы в топливе 25 %, содержание серы 2 %, потери тепла в топке 10 %, коэффициент, учитывающий скорость оседания вещества, равен 1, коэффициент выхода оксида азота 0,25 кг/МДж, низшая теплота сгорания 25 МДж/кг, высота трубы 30 м, разность между температурой смеси и температурой воздуха 160 °С.

Задача 9. Эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами отопительной станцией составил 1 млн руб/год по курсу рубля 2019 года. Оценить эколого-экономический ущерб по курсу рубля 2019 года.

Задача 10. Рассчитать эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами вредных веществ, если приведенная масса годового выброса 250 тыс. усл. т/год, высота выброса 10 м, разность температур смеси и воздуха 260 °С, скорость оседания частиц менее 1 см/с. Показатель относительной опасности выброса принять равным 8.

2.4. Охрана биосферы от ионизирующего излучения

Пример 1. Определить активность ^{137}Cs через сутки после выброса 20 г вещества. Период полураспада изотопа 30 мин.

Решение. Активность изотопа определяют по (1.5.5):

$$A = 0,2 \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \cdot \ln 2 / (137 \cdot 30 \cdot 60) = 3,4 \cdot 10^{19} \text{ Бк}$$

Через сутки масса изотопа цезия будет

$$m = m_0 \cdot \exp(-kt); \quad m = m_0 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot t / T_{1/2})$$

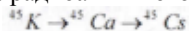
$$m = 0,02 \cdot \exp(-\ln 2 \cdot 24 \cdot 3600 / 30 \cdot 60) = 1 \cdot 10^{-12} \text{ кг}$$

Активность равна

$$A = 1,7 \cdot 10^{-12} \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \cdot \ln 2 / 137 \cdot 30 \cdot 60 = 3,1 \cdot 10^9 \text{ Бк}$$

Пример 2. Рассчитать активность изотопов при выбросе 1 кг калия ^{45}K через год после выброса. Периоды полураспада изотопов калия и кальция соответственно равны 20 мин и 163 сут.

Решение. Формальная схема радиоактивного распада:



Константы скорости реакций равны, $c : k = 1/t \cdot \ln(m_0 / m)$

$$k_1 = \ln 2 / (20 \cdot 60) = 5,8 \cdot 10^{-4}; \quad k_2 = \ln 2 / (163 \cdot 24 \cdot 3600) = 4,9 \cdot 10^{-8} \quad (2.4.1)$$

Количество изотопов калия и кальция через 1 год после выброса (учитывая, что $k_1 \gg k_2$) определяем по (1.5.8):

$$(n - x) = 1 \cdot \exp(-5,8 \cdot 10^{-4} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 10^{-7916} \text{ кг} = 0$$

Т.е. через год все ядра изотопа калия распались.

Число появившихся ядер рассчитывают по (5.6):

$$(x - y) = 1 \cdot \exp(-4,9 \cdot 10^{-8} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 0,2$$

Активность изотопа кальция, Бк

$$A = 0,21 \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \ln 2 / (45 \cdot 163 \cdot 24 \cdot 3600) = 1,4 \cdot 10^{17}$$

Задания для выполнения РГЗ

Задача 1. Определить активность изотопа ^{137}Cs при выбросе 0,5 кг вещества. Период полураспада 29,9 мин. Найти активность через 15 сут после выброса.

Задача 2. Определить НДС изотопа ^{137}Cs в реку. Период полураспада изотопа 9,69 сут. Расход стока равен $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$, разбавление воды в реке - 10. Фоновая концентрация цезия равна 0, ПДК цезия в воде составляет 34000 Бк/л.

Задача 3. Рассчитать активность изотопов при выбросе $10 \text{ кг } ^{45}\text{K}$ через 5 лет после выброса. Периоды полураспада изотопов калия и кальция соответственно 20 мин и 163 сут.

Задача 4. Какую дозу излучения можно получить, если находиться на расстоянии 1 м от источника излучения в течение 5 мин. Энергия излучения $0,1 \text{ МэВ/распад}$, активность 10^{12} Бк . Считать, что площадь тела человека составляет $0,34 \text{ м}^2$.

Задача 5. Определить удельную активность ^{222}Ra через неделю после выброса. Выброс производится через организованный источник. Мощность выброса составляет 2 г/с , высота источника 10 м, диаметр устья источника $0,5 \text{ м}$, расход газовойоздушной смеси $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$, разность между температурой смеси и температурой воздуха $100 \text{ }^\circ\text{C}$, коэффициент оседания вещества 1, коэффициент учета рельефа местности 1, коэффициент температурной стратификации атмосферы 180. период полураспада изотопа 3,8 сут.

Задача 6. Определить ПДВ ^{222}Ra через организованный источник. Высота источника 15 м, расход газовойоздушной смеси $5 \text{ м}^3/\text{с}$, разность между температурой смеси и температурой воздуха $25 \text{ }^\circ\text{C}$, коэффициент оседания вещества 1, коэффициент учета рельефа местности 1, коэффициент температурной стратификации атмосферы 180, диаметр устья источника 1 м, фоновая концентрация равна 0, ПДК для загрязняющего вещества составляет 240 Бк/м^3 .

Задача 7. В водохранилище сбрасывается сток, содержащий ^{131}Cs с периодом полураспада 10 сут. Рассчитать НДС, если средняя глубина водоема 4 м, расстояние от места сброса до контрольной точки отбора проб воды 100 м, расход стока $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, фоновая концентрация равна 0, ПДК для загрязняющего вещества составляет 34000 Бк/л.

Задача 8. Рассчитать активность изотопов при выбросе $50 \text{ г } ^{137}\text{Cs}$ через 20 сут после выброса. Периоды полураспада изотопов цезия, ксенона, йода соответственно 30 мин, 64 и 36 сут.

Задача 9. Определить недельную дозу облучения, получаемую человеком при ежедневном нахождении вблизи источника радиоактивного излучения в течение 2 с. Считать, что поглощается 20 % всей энергии излучения, масса человека равна 70 кг, период полураспада вещества 3 дня, удельная энергия излучения $0,2 \text{ МэВ/распад}$, активность составляет 100000 Бк.

Задача 10. Найти период полураспада ^{45}K массой 100 г. Активность изотопа составляет 537 Ки.

Задача 11. В раствор хлористого трития с массовой долей 15 % поместили цинковый шарик массой 20 г. После того, как диаметр шарика стал вдвое меньше, массовая доля хлористого трития стала 10 %. Найти активность исходного раствора, если период полураспада трития равен 12,43 года.

2.5. Защита от шума

Пример 1. Уровни звукового давления, создаваемые источником шума на частотах - 8000 Гц и $f_2=4000$ Гц соответственно равны 81 и 84 дБ, допустимые уровни звукового давления соответственно 69 и 71 дБ.

Определим эффективность применения акустического экрана размерами $h = 1 \times 1,5$ м, если экран установлен на расстоянии $a = 0,5$ м от источника шума, а расстояние от экрана до рабочего места $b = 1,5$ м.

Решение. 1. По формуле (1.6.1) определим коэффициент k , соответствующий частоте $f_1=8000$ Гц:

$$k_{8000} = 0,05 \sqrt{8000} \sqrt{\frac{1^2 (1,5/1,5)^2}{1 + 4(0,5/1)^2}} = 3,76$$

2. Методом интерполяции определим эффективность экрана на этой частоте: $\Delta L_{8000} = 19,5$ дБ.

3. Уровень звукового давления на рабочем месте:

$$\Delta L_{\text{р } 8000} = \Delta L_{8000} - \Delta L_{8000} = 81 - 19,5 = 61,5 \text{ дБ},$$

Аналогично получаем $k_{4000} = 2,66$, $\Delta L_{4000} = 17$ дБ и $\Delta L_{\text{р } 4000} = 67$ что меньше $L_{\text{доп } 4000} = 71$ дБ.

Вывод: параметры акустического экрана необходимого для снижения уровня звукового давления выбраны верно.

Пример 2. Спроектировать стену с дверью, отгораживающую помещение, в котором установлены две дробилки. Размеры шумного помещения $24 \times 18 \times 6$ м. Суммарный уровень звуковой мощности, излучаемый установленными дробилками, представлен в табл. 2.5.1.

Таблица 2.5.1

Уровень звуковой мощности в шумном помещении

Среднегеометрическая частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p сум, дБ	98	102	103	100	101	84	83	74

Площадь стены $S_1 = 24 \times 6 = 144 \text{ м}^2$.

Площадь двери $S_2 = 4 \text{ м}^2$.

В изолируемом помещении будут расположены кабины дистанционного управления.

Решение.

1. Рассчитываем объём шумного помещения и определяем по справочным данным постоянную помещения при частоте 1000 Гц (рис. 1.6.2):

$$V_n = 2592 \text{ м}^3$$

$$B_{ш1000} = 100 \text{ м}^2$$

2. Определяем частотный множитель μ для шумного помещения (табл. 1.6.4) и вносим в таблицу 2.5.2.

3. По формуле (1.6.3) определяем постоянную шумного помещения при частоте 63 Гц:

$$B_{ш63} = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ м}^2.$$

Аналогично рассчитываем для остальных октавных полос и вносим в табл. 2.5.2.

4. Размеры изолируемого помещения 13х18х6 м. Рассчитываем объём изолируемого помещения и определяем по справочным данным постоянную помещения при частоте 1000 Гц (рис. 1.6.2):

$$V_n = 1404 \text{ м}^3; B_{ш1000} = 80 \text{ м}^2$$

5. Определяем частотный множитель μ для изолируемого помещения (табл. 1.6.3) и вносим в таблицу 2.5.4.

6. Определяем постоянную изолируемого помещения при частоте 63 Гц (формула 1.6.3):

$$B_{и63} = B_{и1000} \cdot \mu = 80 \cdot 0,5 = 40 \text{ м}^2$$

Аналогично определяем $B_{и}$ для остальных октавных полос и вносим в табл. 2.5.2.

7. Определяем суммарный уровень звукового давления в помещении $L_{р\text{сум}}$ замером или расчетом, зная шумовые характеристики машин. В данном примере указанные характеристики приведены в задании (табл. 2.5.1).

8. Определяем по ГОСТу 12.1.003-83 (табл. 1.6.2) $L_{рдоп}$ и вносим в таблицу 2.5.2.

9. Рассчитываем:

$$10 \lg n: n = 2 \text{ (стена и дверь)}$$

$$10 \lg n = 10 \lg 2 = 3$$

10. Вычисляем:

$$10 \lg B_{ш} \text{ для частоты 63 Гц:}$$

$$10 \lg B_{ш63} = 10 \lg 50 = 17$$

Аналогично рассчитываем для остальных октавных полос частот и вносим в табл. 2.5.2.

11. Вычисляем величину $10 \lg B_{и}$. Для частоты 63 Гц $10 \lg 40 = 16$.

Аналогично вычисляем для остальных октавных полос. Результат расчета запишем в табл. 2.5.2.

12. Определяем величину $10 \lg S_1 = 10 \lg 144 = 21,4$.

13. Определяем величину $10 \lg S_1 = 10 \lg 4 = 6$.

14. По формуле (1.6.2) рассчитываем требуемую звукоизолирующую способность стены на частоте 63 Гц:

$$R_{тп1} = 98 - 83 - 17 - 16 + 21,4 + 6 + 3 = 12,6 \text{ дБ.}$$

Аналогично рассчитываем $R_{тп1}$ для остальных октавных полос частот.

15. По формуле (1.6.2.) рассчитываем требуемую звукоизолирующую способность двери на частоте 63 Гц:

$$R_{\text{тр}2} = 98 - 83 - 17 - 16 + 21,6 + 6 + 3 = 12,6$$

16. По результатам расчета на основе $R_{\text{тр}1}$ и $R_{\text{тр}2}$ подбираем соответствующие элементы ограждения (табл. 1.6.5, 1.6.6). При этом величины требуемой звукоизолирующей способности со знаком «-» не принимаются во внимание.

Таблица 2.5.2

К расчету звукоизолирующей способности ограждения

№ п/п	Расчетный показатель	Среднегеометрическая частота, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	B_{n1000} ($V_n = 2592 \text{ м}^3$) (рис. 1.6.2)	—	—	—	—	100	—	—	—
2	Частотный множитель μ (табл. 1.6.3)	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0
3	$B_n = B_{n1000} \cdot \mu$	50	50	55	70	100	160	300	600
4	B_{n1000} ($V = 1404 \text{ м}^3$) (рис. 1.6.2)	—	—	—	—	80	—	—	—
5	μ (табл. 1.6.3)	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0
6	$B_n = B_{n1000} \cdot \mu$	40	40	44	56	80	128	240	480
7	$L_{p \text{ с.м}}$	98	102	113	100	101	84	83	74
8	$L_{p \text{ д.м}}$	83	74	68	63	60	57	55	54
9	$10 \lg B_n$	17	17	17,4	18,4	20	22	24,8	27,8
10	$10 \lg B_n$	16	16	16,4	17,5	19	21	23,8	26,8
11	$10 \lg S_1$ ($S_1 = 144 \text{ м}^2$)	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
12	$10 \lg S_2$ ($S_2 = 4 \text{ м}^2$)	6	6	6	6	6	6	6	6
13	$10 \lg n$	3	3	3	3	3	3	3	3
14	$R_{\text{тр}1}$ (п. 7–п. 8–п. 9– п. 10+п. 11+6+п. 13)	12,6	25,6	41,8	31,7	32,6	14,6	10,0	-4,0
15	$R_{\text{тр}2}$ (п. 7–п. 8–п. 9–п. 10+ +п. 12+6+п. 13)	-3	10	26,2	16,1	17	-1	-5,6	-19,6

14. Вывод: В результате применения в качестве облицовочной поверхности.

Стена: кирпичная кладка толщиной в один кирпич, оштукатуренная с двух сторон.

Дверь: глухая щитовая дверь марки ДБ-9 толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм, с уплотняющими прокладками из резины.

На всех октавных частотах произойдет снижение уровня шума, что свидетельствует об эффективности применения звукопоглощающей облицовки данного вида.

Задания для выполнения РГЗ

Задача 1. Определить эффективность применения акустического экрана на частотах $f_1 = 2000$ Гц, $f_2 = 4000$ Гц. Исходные данные в соответствии с порядковым номером по журналу выбираем из табл. 2.5.3.

Таблица 2.5.3

Исходные данные

№, номер варианта	Высота экрана, h, м	Длина экрана, l, м	Расстояние от экрана до источника шума, а, м	Расстояние от экрана до рабочего места, б, м
1	2	3	4	5
2	1	1,5	0,5	1,5
3	2	2	1	1,5
4	3	2,5	1,5	1,5
5	1	3	0,5	2
6	2	3,5	1	2
7	3	4	1,5	2
8	1	4,5	0,5	1
9	2	5	1	1
10	3	1,5	1,5	1
11	1	2	0,5	1,5
12	2	2,5	1	1,5
13	3	3	1,5	1,5
14	1	3,5	0,5	2
15	2'	4	1	2
16	3	4,5	1,5	2

Задача 2. Спроектировать стену с дверью, отгораживающую производственный цех от комнаты отдыха. Исходные данные к расчету представлены в табл. 2.5.4 (размеры шумного помещения, суммарный уровень звуковой мощности, излучаемый производственным оборудованием).

Площадь стены $S_1 = a \cdot h = 144 \text{ м}^2$.

Площадь двери $S_2 = 4 \text{ м}^2$.

Таблица 2.5.4

Исходные данные

№ варианта	Размеры шумного помещения			Уровень звуковой мощности, $L_{p, \text{сум}}$, дБ, на соответствующей среднегеометрической частоте, Гц							
	Ширина, а, м	Длина, l, м	Высота, h, м	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	10	15	3	98	102	113	100	101	84	83	74
2	15	35	6	100	104	115	102	103	86	85	76
3	12	24	4,5	96	100	111	98	97	83	80	71
4	14	48	3	98	102	113	100	101	84	83	74
5	10	32	5	100	104	115	102	103	86	85	76
6	10	15	6	96	100	111	98	97	83	80	71
7	15	35	3	98	102	113	100	101	84	83	74
8	12	24	5	100	104	115	102	103	86	85	76
9	14	48	4	96	100	111	98	97	83	80	71
10	10	32	3	98	102	ИЗ	100	101	84	83	74
11	10	15	6	100	104	115	102	103	86	85	76
12	15	35	3	96	100	111	98	97	83	80	71
13	12	24	5	98	102	113	100	101	84	83	74
14	14	48	6	100	104	115	102	103	86	85	76
15	10	32	6	96	100	111	98	97	83	80	71

2.6. Проектирование искусственного освещения

Пример 1. Выполним расчет общего равномерного искусственного освещения в заготовительном отделении методом коэффициента использования светового потока, позволяющим обеспечить освещенность поверхности с учетом всех подающих на нее потоков как прямых, так и отраженных.

В цехе установлено 120 светильников в каждом по 2 лампы типа ЛДЦ мощностью по 40 Вт каждая, световой поток одной лампы $\Phi_{\text{л}} = 2200$ Лм. Фактическая освещенность в цехе составляет 150 лк, что ниже нормированного значения освещенности $E_{\text{н}} = 200$ лк (табл. 1.7.1).

Размер цеха 75x30 м, высота цеха 8 м. Высота светильника над рабочей поверхностью 6 м. Проверим расчетом, обеспечит ли данная система освещения нормированное значение освещенности.

Решение: Найдем световой поток от группы ламп светильников при люминесцентных лампах по формуле (1.7.1).

Для расчета необходимо знать:

- значение коэффициент запаса, зависящий от вида технологического процесса, выполняемого в помещении и рекомендуемый в нормативах СНиП 23-05-95 (табл. 1.7.2), $K_3 = 1,5$;

- площадь освещаемого помещения, $S_3 = 2250 \text{ м}^2$;

- коэффициент неравномерности освещения, который зависит от типа ламп, для люминесцентных ламп $Z=1,1$;
- по формуле (1.7.2) находим индекс помещения:

$$i = \frac{75 \cdot 30}{6 \cdot (75 + 30)} = 3,57;$$

- по табл. 1.7.3 в зависимости от состояния стен и потолка определяем коэффициент отражения стен и потолка $\rho_n = 70 \%$, $\rho_c = 50 \%$;
- по найденным значениям i , ρ_n , ρ_c по табл. 10 в соответствии с выбранным типом светильников (НСР-01) определяем коэффициент использования светильников $\eta = 55 \%$;
- число светильников в помещении $N_c = 120$.

По формуле (1.7.1) находим световой поток, создаваемый одним светильником:

$$\Phi_n = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 2250 \cdot 1,1}{120 \cdot 0,55} = 11250 \text{ Лм}$$

Так как в светильнике установлено по две лампы ЛДЦ мощностью 40 Вт и световым потоком 2100 Лм то фактический световой поток, создаваемый одним светильником равен $\Phi_{\text{ф}} = 2 \cdot 2100 = 4200$ Лм, что не соответствует расчетному значению.

Если в светильнике установлено по две лампы ЛДЦ мощностью 40 Вт и световым потоком 2100 Лм, то необходимое число ламп в будет равно: $n = 13500 : 4200 = 4$.

Для того чтобы, не меняя расположение светильников и их числа, а также количества ламп в них установленных, можно рекомендовать установить 240 ламп типа ЛБ мощностью 80 Вт и световым потоком 5220 Лм. Тогда $\Phi = 5220 \cdot 2 = 10440$ Лм, что находится в допустимых пределах – 10 % и +20 %.

Задания для выполнения РГЗ

Выполнить расчет общего равномерного искусственного освещения в производственном помещении методом коэффициента использования светового потока, позволяющим обеспечить освещенность поверхности с учетом всех подающих на нее потоков как прямых, так и отраженных. Отражающая поверхность: побеленный потолок, побеленные стены при незавешанных окнах, пол - темный.

Исходные данные представлены в табл. 2.6.1.

Таблица 2.6.1

Задания к выполнению РГЗ

№ вар.	Кол-во установленных в помещении светильников	Кол-во ламп в светильнике	Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Физическая освещенность, ЛК	Разряд зрительной работы	Размеры помещения
1	80	2	ЛТБ80	80	4720	IV	6*80*40
2	72	2	ЛХБ20	20	950	V	8*100*60
3	50	4	ЛХБ40	40	2780	VI	6*70*40
4	42	2	ЛХБ65	65	4100	VII	6*84*46
5	20	4	ЛХБ80	80	4600	VIII	6*60*40
6	100	2	ЛД20	20	920	IV	8*120*60
7	120	2	ЛД40	40	2340	V	8*150*80
8	100	2	ЛД65	65	3570	VI	8*100*80
9	94	2	ЛД80	80	4070	VII	8*90*60
10	46	2	ЛДЦ20	20	820	VIII	6*75*40
11	54	2	ЛДЦ40	40	2100	IV	6*84*60
12	34	4	ЛДЦ65	65	3050	V	6*65*40
13	110	2	ЛДЦ80	80	3560	VI	8*100*80
14	120	2	ЛТБ80	80	4720	VII	8*110*60
15	120	2	ЛХБ20	20	350	VIII	8*120*60
16	70	2	ЛХБ40	40	2780	IV	6*70*45
17	80	2	ЛХБ65	65	4100	V	6*84*50
18	36	4	ЛХБ80	80	4600	VI	6*68*40
19	115	2	ЛД20	20	920	VII	8*115*60
20	100	2	ЛД40	40	2340	VIII	8*100*70

2.7. Расчет устойчивости откоса

Исходные данные для расчета: откос из однородного грунта (суглинка) высотой 11 м заложением 1:1 (угол откоса 45°). Физико-механические свойства грунта: $\gamma = 19 \text{ кН/м}^3$, $\varphi = 20^\circ$, $c = 40 \text{ кПа}$. Необходимо оценить устойчивость откоса, находящегося в непосредственной близости от автомобильной дороги.

Последовательность расчета

1. В масштабе 1:100 строится схема откоса (рис. 1.8.1).
2. Вычисляется центр вращения O . Для этого по табл. 2.7.1 определим значения углов: $\alpha = 28^\circ$ и $\beta = 37^\circ$. На пересечении линий AO и BO находится центр вращения.

Таблица 2.7.1

Значение углов α и β для определения центра вращения

Заложение откосов ($H:l$)	α , град	β , град
1:1	28	37
1:1,5	26	35
1:2	25	35
1:3	25	35
1:4	25	36
1:5	25	37

3. Определяем из центра вращения проводится линия скольжения радиусом R и контуры призмы сползания ABC .

4. Производится разделение призмы ABC на отсеки шириной по 3 м. В нашем примере получилось 7 отсеков. На рис. 2.7.1 каждый отсек имеет свою линию сдвижения l_i площадь A_i и вес грунта Q .

Определяются углы наклона поверхности скольжения в каждом отсеке α_i . Углы отсчитываются от линии, перпендикулярно проходящей через центр вращения. При этом α_i находящиеся на левой стороне от центра вращения, имеют знак "минус" (например, угол α_7 на рис. 2.7.1).

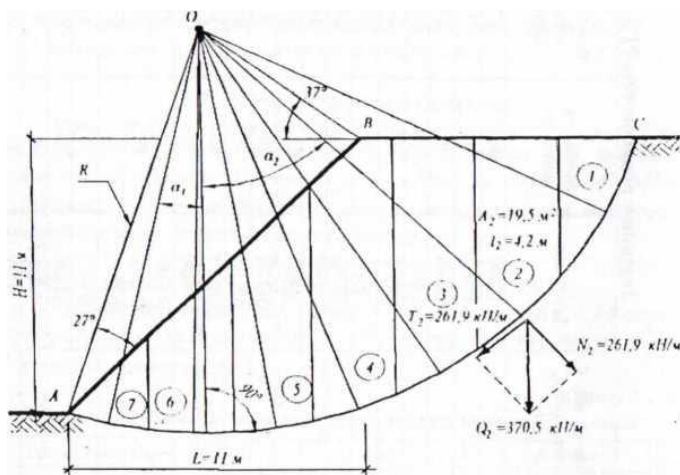


Рис. 2.7.1. Расчетная схема откоса

5. Дальнейший расчет производится в табличной форме (табл. 2.7.2). После заполнения таблицы определяется сумма удерживающих и сдвигающих сил.

Таблица 2.7.2

Расчет устойчивости откоса

№	$A_i, \text{м}$	$\gamma, \text{кН/м}^3$	$Q=\gamma \cdot A_i, \text{кН/м}$	$\alpha_i, \text{град}$	$\sin \alpha_i$	$T_i=Q \cdot \sin \alpha_i, \text{кН/м}$	$\cos \alpha_i$	$N_i=Q \cdot \cos \alpha_i, \text{кН/м}$	$\varphi, \text{град}$	$\operatorname{tg} \varphi$	$F_i=N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{кН/м}$	$c, \text{кПа}$	l_i	$c \cdot l_i$
2	6,25	19	118	63	0,8910	105,9	0,4540	53,9	20	0,3640	19,6	40	5,5	220
2	19,5	19	370	45	0,7071	261,9	0,7071	261,9	20	0,3640	95,3	40	4,2	168
3	27	19	573	30	0,500	256,5	0,8660	444,3	20	0,3640	161,7	40	3,6	144
4	30	19	570	18	0,3090	176,1	0,9511	542,1	20	0,3640	197,3	40	3,2	128
5	27	19	361	9	0,1564	56,5	0,9877	356,6	20	0,3640	129,8	40	3	120
6	15	19	265	-1	-0,0175	-4,6	0,9998	264,9	20	0,3640	96,4	40	3	120
7	9,2	19	174,8	-12	-0,2079	-36	0,9781	170,9	20	0,3640	62,2	40	3	120

7. Вычисляется коэффициент устойчивости откоса

Сумма сдвигающих сил

$$\sum_{i=1}^n T_i = 101,9 + 261,9 + 256,5 + 176,1 + 56,5 - 4,6 - 36,3 = 816,0 \text{ кН/м.} \quad (2.7.1)$$

Сумма удерживающих сил

$$\sum_{i=1}^n F_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i = (19,6 + 95,3 + 161,7 + 197,3 + 129,8 + 96,4 + 62,2) + (220,6 + 168,0 + 144,0 + 128,0 + 120,0 - 120,0) = 1782,3 \text{ кН/м.} \quad (2.7.2)$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum_{i=1}^n c_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n T_i} = \frac{1782,3}{816,0} = 2,18. \quad (2.7.3)$$

Так как выполняется условие 1.8.2, делаем вывод что, откос находится в стабильном устойчивом состоянии. Уменьшение коэффициента n возможно при обводнении откоса, так как это приведет к снижению прочностных характеристик грунта.

Задания для выполнения РГЗ

Работы выполняются графоаналитическим методом. В этом случае все расчетные схемы выполняются в масштабе. Каждый студент получает индивидуальное задание в соответствии с последней цифрой зачетки (табл. 2.7.3).

Таблица 2.7.3

Исходные данные для расчета

Вариант	Высота откоса H , м	Разновидность грунта	Удельный вес γ , кН/м	Прочностные характеристики		Заложение откоса
				φ , град	c , кПа	
1	20	Суглинок	19,0	20	24	1:1
2	16	Глина	20,0	19	36	1:1,5
3	14	Суглинок	18,5	17	32	1:2
4	20	Супесь	18,0	25	12	1:1
5	12	Суглинок	18,2	20	30	1:1,5
6	14	То же	18,8	18	28	1:2
7	18	Супесь	17,8	24	12	1:1
8	20	Глина	19,8	12	30	1:1,5
9	14	То же	20,0	14	32	1:2
10	20	Суглинок	19,2	18	26	1:1

Расчеты на устойчивость могут быть выполнены в двух вариантах:

Вариант 1 - поверхность скольжения откоса задается, необходимо определить n .

Вариант 2 - наиболее вероятная линия скольжения находится путем поиска минимальной величины n .

В настоящей работе студентам предлагается выполнить расчет по первому варианту. При этом центр вращения находится по значениям углов α и β (см. рис. 1.8.1). Значения углов определяются по табл. 2.7.1, исходя из величины заложения откоса.

2.8. Расчёт подпорной стенки на плоский сдвиг по подошве

Подпорная стенка из бетона высотой $H = 9$ м, шириной $b = 2$ м имеет заглубление $h = 2$ м. Удельный вес бетона $\gamma = 24$ кН/м³, угол внутреннего трения $\varphi = 30^\circ$ и сцепление $c = 0$ кПа. Коэффициент трения бетона о песок $f = 0,45$.

Последовательность расчёта

1. В масштабе строп и расчетная схема.
2. Вычисляется вес подпорной стенки на 1 погонный метр длины:

$$G = 9 \cdot 2 \cdot 24 = 432 \text{ кН/м}$$

3. Определяется величина активного давления на 1 погонный метр стенки:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot 24 \cdot 9^2 \cdot \tan^2(45^\circ - 15^\circ) = 324 \text{ кН/м (32,4 т/м)}$$

4. Проверяется выполнение условия (1.9.1):

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot 24 \cdot 2^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45 + 15) = 144 \text{ кН/м}$$

$$324 < (432 \cdot 0,45 + 141)$$

$$324 < 338,4. \text{ Условие выполняется}$$

$$242,7 \text{ кН/м} < (432,0 + 242,9) \text{ кН/м} = 674,9 \text{ кН/м}.$$

Следовательно, расчет показал, что подпорная стенка сохраняет устойчивость с большим запасом. Она сохранила бы устойчивость даже в том случае, когда подошва не заглублялась бы в грунт.

Нами рассмотрен простейший случай. Расчёт усложняется, например, когда поверхность грунта имеет уклон, или подпорная стенка имеет сложную конфигурацию, или основанием стенки служит влажный глинистый грунт.

Задания для выполнения РГЗ

Каждый студент получает индивидуальные задания в соответствии с последней цифрой зачетки, исходя из табл. 2.9.1 сцепление $c = 0$ Па, коэффициент трения бетона о песок $f = 0,45$ и проводит расчёт.

Таблица 2.9.1

Исходные данные для расчета подпорной стенки

Вариант	H , м	b , М	h , м	γ , кН/м ³	φ , град
1	2	3	4	5	6
1	6	1	0	16	30
2	8	2	2	17	31
3	8	1,5	0	16	32
4	9	2,5	2,5	18	33
5	10	2	3	19	31
6	10	3	2,5	16	30
7	10	2,5	2	16	32
8	12	3	3	17	33
9	12	3,2	3,5	16	34
10	12	3,1	4	17	35

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.Н. Лопанов, Е.В. Климова Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности: методические указания к выполнению курсовой работы и практических заданий / сост.: А.Н. Лопанов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 61 с.
2. Королев, В.А. Мониторинг геологической среды: учебник / В.А. Королев; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.
3. Приказ № 273 от 06.06.2017 Методы расчётов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе.
4. Методические указания по определению эколого-экономической эффективности технологических процессов и производств в дипломных проектах и работах. – М.: МХТИ, 1985. – 48 с.
5. Быстров А.С. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.
6. Тарасова Н.П. Экология: глобальные проблемы современности // Зелёный мир. – 1992. – N 9, 10. – С. 8 – 9.

ЭКСПЕРТИЗА БЕЗОПАСНОСТИ

*Методические указания
по выполнению практических работ по дисциплине
для студентов направления подготовки 20.04.01
«Техносферная безопасность»*

Составители: **Ничкова** Лариса Александровна,
Шагова Юлия Олеговна

В авторской редакции

Изд. № 19/2020. Объем 3 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»