

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

А. Н. Лопанов, Е. В. Климова

Учебное пособие

к выполнению практических и курсовых работ по дисциплине
«Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности» для
бакалавров направления 280700 Техносферная безопасность

Белгород
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

А. Н. Лопанов, Е. В. Климова

Учебное пособие

к выполнению практических и курсовых работ по дисциплине
«Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности» для
бакалавров направления 280700 Техносферная безопасность и

Белгород
2013

УДК 69.05.(07)
ББК 38.7-08я7
Л 78

Лопанов, А. Н.

Л 78 **Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности: учебное пособие к выполнению практических и курсовых работ по дисциплине «Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности» для бакалавров направления 280700 Техносферная безопасность / А. Н. Лопанов, Е. В. Климова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 126 с.**

Учебное пособие позволит студентам качественно подготовиться к выполнению расчетно-графических заданий и курсового проекта по дисциплине «Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности». Учебное пособие включает методики расчетов, примеры расчетов и задания для расчетно-графических заданий и курсового проекта.

Учебное пособие предназначено для бакалавров направления 280700 - Техносферная безопасность, может быть также использовано и студентами специальности 280102 – Безопасность технологических процессов и производств и магистрами направления 280102 – Техносферная безопасность.

УДК 69.05.(07)
ББК 38.7-08я7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2013

Оглавление

1. Основные расчетные формулы для решения задач и выполнения курсового проекта	6
1.1. Экспертиза состояния атмосферы	6
1.2. Экспертиза состояния водного бассейна	9
1.3. Расчет выбросов вредных веществ	12
1.4. Эколого-экономический ущерб от загрязнения среды	13
1.5. Охрана биосферы от ионизирующего излучения	17
1.6. Защита от воздействия шума	18
1.6.1. Расчет акустического экрана	18
1.6.2. Проектирование звукопоглощающей стены	20
1.7. Проектирование системы освещения	24
1.8. Расчет устойчивости откоса	29
1.9. Расчёт подпорной стенки на плоский сдвиг по подошве	30
2. Типовые задачи и задания для выполнения расчетно-графических заданий	32
2.1. Экспертиза состояния атмосферы	32
2.2. Экспертиза состояния водного бассейна	36
2.3. Эколого-экономический ущерб от загрязнения среды	39
2.4. Охрана биосферы от ионизирующего излучения	41
2.5. Защита от шума	43
2.6. Проектирование искусственного освещения	48
2.7. Расчет устойчивости откоса	49
2.8. Расчёт подпорной стенки на плоский сдвиг по подошве ..	54
3. Методические указания к выполнению курсового проекта .	55
Задания для курсового проекта	58
<u>Тема 1. Моделирование процессов сложных экологических систем</u>	<u>58</u>
<u>Тема 2. Охрана вод от загрязнений. Составление проектов и нормативов допустимых сбросов (НДС)</u>	<u>67</u>
<u>Тема 3. Контроль за сбросами сточных вод. Составление НДС для водохранилища</u>	<u>70</u>
<u>Тема 4. Мониторинг загрязнения атмосферы. Проектирование возможного ущерба от загрязнений атмосферы</u>	<u>73</u>
<u>Тема 5. Мониторинг радиоактивного загрязнения биосферы</u>	<u>74</u>

<u>Тема 6.</u> Очистка выбросов в атмосферу	77
<u>Тема 7.</u> Экономический ущерб от загрязнений окружающей среды	80
<u>Тема 8.</u> Мониторинг геологической среды	83
<u>Тема 9.</u> Защита окружающей среды от воздействия шума	99
<u>Тема 10.</u> Проектирование искусственного освещения.....	108
Библиографический список	118
Приложения	121

1. Основные расчетные формулы для решения задач и выполнения курсового проекта

1.1. Экспертиза состояния атмосферы

Градиентный перенос вещества в атмосфере описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$\frac{dm}{dt} = K_x \frac{\partial^2 m}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 m}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 m}{\partial z^2}, \quad (1.1.1)$$

где m – масса вещества; K_x, K_y, K_z – коэффициенты рассеивания.

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.

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

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta E}}, \quad (1.1.2)$$

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

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega_0 \quad (1.1.3)$$

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 , f_e . Если условия выброса не учитывают, то $m = n = 1$.

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega^2 \cdot D}{H^2 \Delta T}; \quad f_e = 800(v'_M)^3 \quad (1.1.4, 1.1.5)$$

$$v_M = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad v'_M = 1,3 \frac{\omega_0 \cdot D}{H}; \quad (1.1.6, 1.1.7)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad \text{при } f < 100; \quad (1.1.8)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \quad \text{при } f \geq 100. \quad (1.1.9)$$

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:

$$n = 1, \quad \text{при } v_M \geq 2; \quad (1.1.10)$$

$$n = 0,532 \cdot v_M^2 - 2,13 \cdot v_M + 3,13, \quad \text{при } 0,5 \leq v_M \leq 2 \quad (1.1.11)$$

$$n = 4,4 \cdot v_M, \quad \text{при } v_M < 0,5. \quad (1.1.12)$$

При $f \geq 100$ или $\Delta T = 0$ и $v'_M \geq 0,5$ концентрацию вредного вещества рассчитывают:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D}{8V_1 \cdot H^{4/3}}, \quad (1.1.13)$$

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:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{7/3}}, \quad (1.1.14)$$

где $m' = 2,86 \cdot m$ при $f < 100$, $v_M < 0,5$; $m' = 0,9$, при $f \geq 100$; $v'_M < 0,5$.

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

$$x_M = \frac{(5 - F) \cdot d \cdot H}{4}, \quad (1.1.15)$$

где

$$d = 2,48(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}), \text{ при } v_M \leq 0,5, f < 100;$$

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

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

$$d = 5,7, \text{ при } v_M \leq 0,5, f > 100, \Delta T \approx 0;$$

$$d = 11,4 \cdot v'_M; \text{ при } 0,5 < v'_M \leq 2, f > 100, \Delta T \approx 0;$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{v'_M}, \text{ при } v'_M > 2, f > 100, \Delta T \approx 0.$$

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

$$C = S \cdot C_M \quad (1.1.16)$$

где S – безразмерный коэффициент, равный:

$$S = 3(x/x_M)^4 - 8(x/x_M)^3 + 6(x/x_M)^2, \text{ при } x/x_M \leq 1;$$

$$S = 1,13 / [0,13(x/x_M)^2 + 1], \text{ при } 1 < x/x_M \leq 8;$$

$$S = (x/x_M) / (3,58 \cdot (x/x_M)^2 - 35,2 \cdot (x/x_M) + 120), \text{ при } x/x_M > 8;$$

$$S = [0,1(x/x_M)^2 - 2,47(x/x_M) - 17,8]^{-1}, \text{ } x/x_M > 8, F > 1,5.$$

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:

$$U_M = 0,5, \text{ при } v_M < 0,5, f < 100; \quad (1.1.17)$$

$$U_M = v_M, \text{ при } v_M \leq 2, f < 100; \quad (1.1.18)$$

$$U_M = v_M(1 + 0,12\sqrt{f}), \text{ при } v_M > 2, f < 100; \quad (1.1.19)$$

$$U_M = 0,5, \text{ при } v_M < 0,5, f < 100; \quad (1.1.20)$$

$$U_M = v'_M, \text{ при } 0,5 < v'_M < 2, f < 100; \quad (1.1.21)$$

$$U_M = 2,2 \cdot v'_M, \text{ при } v'_M > 2, f < 100; \quad (1.1.22)$$

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

Расчет предельно-допустимого выброса (ПДВ) проводят по формулам:

$$\text{Если } f < 100, \text{ то } \text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\phi) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot (V_1 \cdot \Delta T)^{1/3} \quad (1.1.23)$$

$$\text{Если } f \geq 100, \Delta T \approx 0, \text{ то } \text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\phi) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot \frac{8 \cdot V_1}{D} \quad (1.1.24)$$

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

где q – безразмерная концентрация веществ, обладающих эффектом суммации, мг/м³; C_i – концентрация i -го вещества, мг/м³.

$$M_q = \frac{M_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{M_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{M_n}{\text{ПДК}_n} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \quad (1.1.26)$$

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

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1; \quad \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 \quad (1.1.27)$$

1.2. Экспертиза состояния водного бассейна

По формуле (1.2.1) найдем концентрацию загрязняющего вещества в водном бассейне, кг/м³:

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

где C_ϕ – фоновая концентрация загрязняющего вещества, кг/м³; C_i – концентрация вещества в стоке, кг/м³; n_i – разбавление сточной воды; k – число источников сброса.

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

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

где K_1 – коэффициент неконсервативности, учитывающий самоочищение воды, с⁻¹, сут⁻¹, T – температура воды в водоеме, С°.

Снижение или увеличение температуры воды в водоеме в результате сброса выражается следующим образом:

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

где T – снижение или увеличение температуры воды в водоеме в результате сброса, °C; T_i – температура стока, °C; T_ϕ – температура водоема или реки, °C.

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

где γ – коэффициент смешения; W_0 – расход воды в реке, м³/с; W_1 – расход воды в стоке, м³/с.

Коэффициент смешения рассчитывают следующим образом:

$$\gamma = \left[\exp(-\alpha \sqrt[3]{l}) \right] / \left[1 + \frac{W_0}{W_1} \exp(-\alpha \sqrt[3]{l}) \right], \quad (1.2.5)$$

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \sqrt[3]{\frac{D}{W_i}}; \quad (1.2.6)$$

$$D = \frac{9,8 \cdot v \cdot H}{C^2}; \quad (1.2.7)$$

$$C = \frac{1}{0,03} H^y; \quad y = 0,26 \text{ при } H \geq 1, y = 0,23, \text{ при } H \leq 1.$$

где φ – коэффициент извилистости реки, равный отношению расстояний по берегу и по фарватеру; ξ – коэффициент выпуска: $\xi = 1$ при выпуске стока у берега, $\xi = 1,5$ при выпуске в речной поток; D – коэффициент турбулентной диффузии; v – скорость речного потока, м/с; H – глубина реки, м; l – расстояние от места сброса до точки отбора пробы воды, м; 0,03 – коэффициент шероховатости ложа реки.

Ориентировочная оценка коэффициента α (при 20 – 30% точности расчетов):

$$\alpha = 0,2\varphi \cdot \xi \cdot H^{1/6} \cdot v^{1/3} \cdot W_1. \quad (1.2.8)$$

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 – начальное разбавление; n_0 – конечное разбавление; n – общее разбавление.

Если выпуск сточных вод происходит у берега, распространение загрязняющего вещества вдоль берега или выпуск сточных вод осуществляют на некотором расстоянии от берега; распространение за-

грязняющего вещества происходит к берегу против выпуска, начальное и конечное разбавления рассчитывают:

$$n_u = (W_1 + 0,0022 \cdot w \cdot H^2) / (W_1 + 0,00022 \cdot w \cdot H^2) \quad (1.2.10)$$

где w – скорость ветра, м/с (при неизвестных значениях w берут ≈ 5 м/с).

$$n_0 = 1 + 0,4(l/\Delta x)^{0,627+0,00022 \cdot l/\Delta x}; \quad (1.2.11)$$

$$\Delta x = 6,53 \cdot H^{1,17}; \quad H = (H_1 + H_2 + \dots + H_m)/n \quad (1.2.12, 1.2.13)$$

Формулы (1.2.10) ... (1.2.13) 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:

$$n_H = (W_1 + 0,0016 \cdot w \cdot H^2) / (W_1 + 0,00016 \cdot w \cdot H^2), \quad (1.2.14)$$

$$n_0 = 1,85 + 2,32(l/\Delta x)^{0,4+0,00064l/\Delta x} \quad (1.2.15)$$

$$\Delta x = 4,4 \cdot H^{1,17}; \quad H = (H_1 + H_2 + \dots + H_m)/m \quad (1.2.16, 1.2.17)$$

$$\text{НДС} = q \cdot C, \quad (1.2.18)$$

где НДС – нормативный допустимый сброс, кг/с, г/с, мг/с; q – максимальный расход сточных вод, м³/с; C – нормативная концентрация загрязняющего вещества, кг/м³, мг/м³, г/м³ (см. формула 1.2.1).

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

$$C = (\text{ПДК} - C_\phi) \cdot n + C_\phi, \quad (1.2.19)$$

где ПДК – предельно-допустимая концентрация загрязняющего вещества, кг/м³.

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

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1 \quad \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1 \quad (1.2.20)$$

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:

$$M_i = M_i \cdot B_i \cdot \alpha_i (1 - \eta_i), \quad (1.3.1)$$

где M_i – масса загрязняющего вещества, кг; B_i – количество сжигаемого топлива, кг; α_i – удельный показатель выброса, кг/кг; η_i – КПД газоочистки или золоуловителя.

$$M_{\text{ТВ}} = B \cdot A^r \cdot f \cdot (1 - \eta_i) \quad (1.3.2)$$

где $M_{\text{ТВ}}$ – количество золы и несгоревшего жидкого и твердого топлива; B – расход топлива, кг/с, т/год; A^r – зольность топлива, %; η_i – доля частиц, улавливаемых золоуловителями:

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

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

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

где M_{CO} – количество оксида углерода; B – расход топлива, кг/с, т/год; q_4 – потери тепла, вызванные неполным сгоранием топлива из-за конструкции топki, %; 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, связываемых золой топлива; сланцы $h_1 = 0,5 \dots 0,8$; угли; $h_1 = 0,2 \dots 0,5$; 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:

$$\Xi_1^{\text{возд}} = \bar{k} \cdot \gamma_1 \cdot \delta_1 \cdot \bar{f} \cdot M_1, \quad (1.4.1)$$

где \bar{k} – 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; \bar{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 мест:

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

где $\text{ПДК}_{\text{PЗ}}^{\text{CO}}$, $\text{ПДК}_{\text{CC}}^{\text{CO}}$ – предельно допустимые концентрации оксида углерода (II) в воздухе рабочей зоны и среднесуточные, мг/м³; $\text{ПДК}_{\text{PЗ}}^{\text{i}}$, $\text{ПДК}_{\text{CC}}^{\text{i}}$ – 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 пылей 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

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75},$$

где ΔT – разница 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 ве-

личины ущерба от количества вредных веществ, поступивших в водный объект региона:

$$\mathfrak{D}_1^{\text{вод}} = \bar{K}_1 \cdot \gamma_2 \cdot \sigma_2 \cdot M_2, \quad (1.4.7)$$

где $\mathfrak{D}_1^{\text{вод}}$ – эколого-экономический ущерб от загрязнения водоема, руб/год; γ_2 – удельный ущерб от сброса условной тонны вещества в водоем, равный 400 руб/усл.т; σ – показатель относительной опасности веществ для данного региона; \bar{K}_1 – коэффициент, характеризующий состояние экономики общества (поправка на инфляцию, $\bar{K}_1 = 1$ для 1985 г.); M_2 – приведенная масса годового сброса, усл.т.

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

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

где M_2 – масса сброса, т; \bar{B}_i – показатель относительной опасности вещества; $\text{ПДК}_{\text{p/x}}$ – 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 \bar{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 от отдельных бассейнов рек.

Таблица 1.4.1

**Показатели относительной опасности веществ
для различных бассейнов рек**

Наименование бассейнов рек	Административный участок	Показатель δ_2
1	2	3
Нева (устье)	Санкт-Петербург, Псковская обл.	0,47
Северная Двина (устье)	Архангельская, Вологодская области	0,22
Дон (устье)	Тамбовская обл.	1,63
Северский Донец	Белгородская, Харьковская области	3,79

Окончание табл. 1.4.1

1	2	3
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

$$\bar{\mathcal{E}}_1^{\text{II}} = \bar{K}_1 \cdot \gamma_3 \cdot \sigma_3 \cdot M_3, \quad (1.4.10)$$

где \bar{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 :

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

В приведенном выше уравнении параметры S_2 , S_3 существенно. Сравнение средозащитных мероприятий осуществляют из условия максимальных приведенных затрат.

Существует методика выбора лучшего варианта по экономическому эффекту мероприятия:

$$\mathcal{E}_1 = (\Delta\mathcal{E} - Z); \quad \delta\mathcal{E}_1 = \max \mathcal{E}_1, \quad (1.4.12)$$

где $\Delta\mathcal{E}$ – предотвращенный ущерб, руб/год; Z – затраты, руб/год.

Данная методика предполагает, что сроки эксплуатации природоохранных мероприятий одинаковы, а затраты и результаты от внедрения существенно не меняются.

1.5. Охрана биосферы от ионизирующего излучения

Дозой излучения называют величину, равную отношению энергии излучения к массе облучаемого вещества. Доза излучения определяется по формуле:

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

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.

$$D_y = q / m_B \quad (1.5.3)$$

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

$$\text{ЭД} = D \cdot W_R \quad (1.5.4)$$

где ЭД – эквивалентная доза облучения, Дж/кг; W_R – взвешивающий коэффициент.

Рассчитаем активность радионуклида:

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

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

$$(x - y) = n \cdot \frac{k_1}{k_2 - k_1} \cdot (\exp(-k_1 \cdot t) - \exp(-k_2 \cdot t)) \quad (1.5.6)$$

$$y = n \cdot \left(1 - \frac{k_2}{k_2 - k_1} \cdot \exp(-k_1 \cdot t) + \frac{k_1}{k_2 - k_1} \cdot \exp(-k_2 \cdot t) \right) \quad (1.5.7)$$

$$(n - x) = n \cdot \exp(-k_1 \cdot t) \quad (1.5.8)$$

где n – число ядер радиоактивного вещества, подвергшегося распаду в начальный момент времени; $(n - x)$ – число ядер вещества, оставшегося к моменту 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.

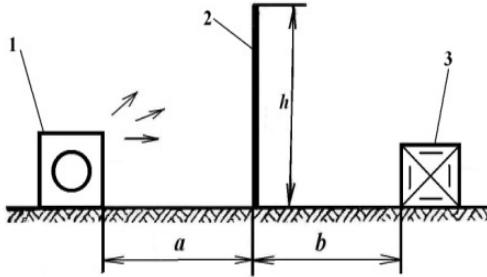


Рис. 1.6.1. Установка акустического экрана:
1 – шумное оборудование; 2 – экран со звукопоглощающей облицовкой; 3 – рабочее место

1. Вычисляют промежуточный коэффициент k по следующей формуле:

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

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 $L_{\text{р.м}} < L_{\text{доп}}$, параметры акустического экрана, необходимого для снижения уровня звукового давления, выбраны верно.

б) если $L_{\text{р.м}} > L_{\text{доп}}$, 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:

$$R_{mp_i} = L_{p_{\text{сум}}} - L_{p_{\text{доп}}} - 10 \lg B_{ш} - 10 \lg B_{и} + 10 \lg S_i + 6 + 10 \lg n \quad (1.6.2)$$

где $L_{p_{\text{сум}}}$ – суммарный октавный уровень звуковой мощности, излучаемый оборудованием в шумном помещении; $L_{p_{\text{доп}}}$ – 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:

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

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	$B_{1000}, \text{М}^2$
1	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 конструктор-	$V/6$

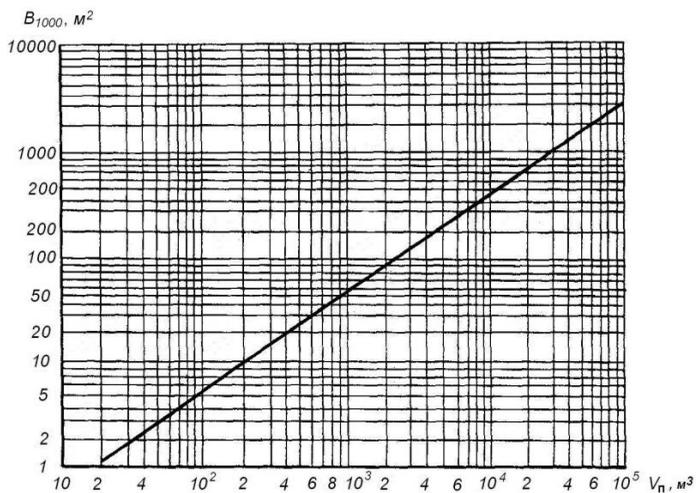
Окончание табл. 1.6.3

1	2
ских бюро, учебные аудитории, комнаты управления, жилые помещения и т. п.)	
Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	V/1,5

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_{mp} , 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 поверх- ностная плотность, кг/м ²	Среднегеометрическая частота, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон	0,5 кирпича	220	32	39	40	42	48	54	60	60
	1 кирпич	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
Железобетон- ная 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	44,5	50	58	65	69	69	69
	400	1000	45	47,5	55	61	67,5	70	70	70
	800	2000	47,5	55	61	67,5	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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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 твердых древесно-волоконистых 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

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot K_3 \cdot S_{\text{п}} \cdot Z}{\eta \cdot N_{\text{с}} \cdot \gamma}, \quad (1.7.1)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормированная минимально-допустимая освещенность, лк (табл.1.7.1); K_3 – коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и снижение светоотдачи в процессе эксплуатации, зависящий от вида технологического процесса, выполняемого в помещении и рекомендуемый в нормативах СНиП 23–05–95 (табл. 1.7.2); $S_{\text{п}}$ – 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 $p_{\text{п}}$ и стен $p_{\text{с}}$, высоты подвеса светильников, размеров помещения, определяемых индексом i помещения, (табл. 1.7.3, 1.7.4); $N_{\text{с}}$ – 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
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200

Окончание табл. 1.7.1

1	2	3	4	5	6	7	8
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	-	200
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	300
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	-	200
Грубая (очень малой точно- сти)	Более 5	VI		Независимо от характери- стик фона и контраста объекта с фоном		-	200
Общее наблюде- ние за ходом производ- ственного процесса: постоян- ное общее наблюде- ние за инженер- ными коммуни- кациями	-	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, $p_{\text{п}}$, $p_{\text{с}}$ и индекса i . Некоторые значения представлены в табл. 1.7.4.

Индекс помещения рассчитывают по формуле:

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

где A —длина помещения, м; B — ширина помещения, м; $H_{\text{св}}$ — 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 ³ пыли, дыма, копоти б) от 1 до 5 мг/м ³ в) менее 1 мг/м ³	1,5	1,7	2	2	1,7
	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
	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 $\rho_n, \rho_c, \rho_p, \%$														
	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
	70	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
	30	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

Окончание табл. 1.7.4

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	49	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_c , 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
НВ127-25	25	235	НВ220-25	25	205
НВ127-40	40	440	НВ220-40	40	370
НВ127-60	60	740	НВ220-60	60	620
НВ127-75	75	980	НВ220-75	75	840
НВ127-100	100	1400	НВ220-100	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
НГ127-1000	1000	19500	НГ220-1000	1000	18200
НГ127-1500	1500	29500	НГ220-1500	1500	28000
В215-225-25	25	220	НБК127-40	40	490

Продолжение табл. 1.7.5

1	2	3	4	5	6
Б215-225-40	40	415	НБК127-60	60	820
Б215-225-60	60	715	НБК127-75	75	1080
Б215-225-75	75	950	НБК127-100	100	1560
Б215-225-100	100	1350	НБК220-40	40	430
Б215-225-150	150	2100	НБК220-60	60	700
Б215-225-200	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
МО12-25	25	300	МО36-60	60	800
МО12-40	40	520	МО36-100	100	1550
МО12-60	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
ЛБW30	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 $\Phi_{л}$ 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

$$N_c = \frac{E_n \cdot S_n \cdot Z \cdot K_3}{N_p \cdot \Phi_{л} \cdot \eta \cdot \gamma}, \quad (1.7.3)$$

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 O) 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).

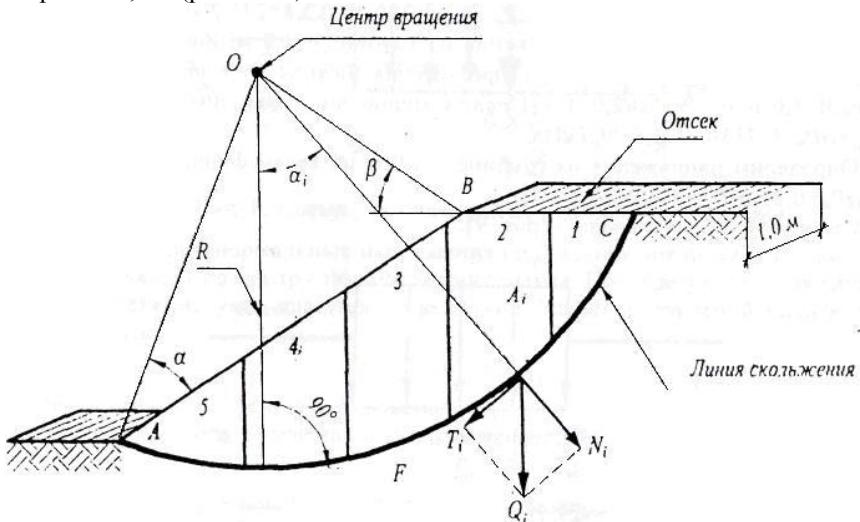


Рис. 1.8.1 Схема действия сил на откосе

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_i), 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_i - длина дуги скольжения, м;
- 3) силовые параметры:
 - Q_i - вес блока, кН ;
 - T_i - 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).

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

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 горизонтальною сложеня. Тогда величины равнодействующих активного и пассивного давлений определяются по следующим формулам:

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

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

где H - высота подпорной стенки, м;

h - глубина заглубления стенки в грунт, м;

φ - угол внутреннего трения грунта, град.

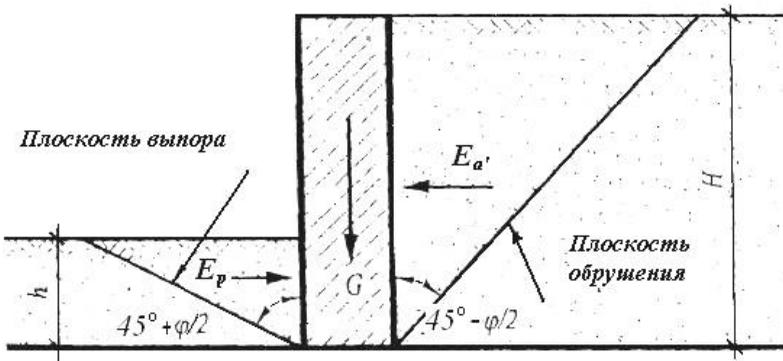


Рис. 1.9.1. Схема действия сил на подпорную стенку

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 газовоздушной смеси 7 м/с, температура газовоздушной 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 газовоздушной смеси, проводим по (1.1.3):

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

Рассчитываем перегрев газовоздушной смеси:

$$\Delta T = 125 - 25 = 100^0 \text{ С.}$$

Параметр f находим по (1.1.4):

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

Параметр v_M , рассчитываем по (1.1.6):

$$v_M = 0,653 \sqrt{\frac{10,8 \cdot 100}{35}} = 2,04$$

Параметр v'_M , определяем по (1.1.7):

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

Параметр f рассчитываем по (1.1.5):

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

Коэффициент m рассчитываем по (1.1.8), 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 (1.1.10): $n = 1$, $v_M \geq 2$.

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 (1.1.2):

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

Расстояние x_M , м, от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения C_i , определяется по (1.1.15):

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

Определим отношение X/X_M :

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

Коэффициент S для расстояния x определяем по (1.1.16):
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, $\text{мг}/\text{м}^3$, по оси факела при неблагоприятных метеорологических условиях рассчитываем по (1.1.16):

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

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 (1.3.5):

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

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°C, температура воздуха 25°C. Коэффициент температурной стратификации $A = 200$, мощность выброса $M = 20$ 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) $0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$; фоновая концентрация $0,3 \text{ мг}/\text{м}^3$; высота трубы 15 м; коэффициент атмосферной стратификации 180; температура окружающей среды 25 °C; температура газовой смеси на выходе из трубы 185 °C, объемная скорость выхода газовой смеси 5 м/с, диаметр трубы 1,8 м. найти предельно допустимый выброс в случае холодной газовой 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 тыс. м³/год; теплотворная способность топлива 35 МДж/м³, потери тепла в топке 10%; количество вредных веществ, образующихся на единицу тепла: $k_1 = 0,25$, $k_2 = 0,1$ мг/МДж; фоновые концентрации оксидов азота и оксидов углерода (II) соответственно равны 0,04 и 0,15 мг/м³. Коэффициент атмосферной стратификации, рельефа местности равны 180. Объемная скорость выхода газов из трубы и их перегрев соответственно составляют 7 м³/с, 180 °С. 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 м³/с; диаметр труб 1,5 м; коэффициент атмосферной стратификации 180; температура выходящих газов 225 °С; температура воздуха 25 °С; фоновая концентрация оксида серы (IV) 0,15 мг/м³; ПДК 0,5 мг/м³. 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 м³/с; диаметр труб 1,5 м; коэффициент атмосферной стратификации 180; температура выходящих газов 225 °С; температура воздуха 252 °С; фоновая концентрация оксида серы (IV) 0,15 мг/м³; ПДК 0,5 мг/м³.

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 м³; удельные показатели выбросов вредных веществ соответственно 0,03 и 0,015 кг/кг; теплотворная способность топлива 35 МДж/кг; КПД горелки 60%; масса воды 3 кг, температура воды 20 °С. Предельно допустимые концентрации вредных веществ 0,085, 5мг/м³.

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%, коэффициент 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 водоем 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:

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

Основное разбавление

$$n_0 = 1 + 0,4 \cdot (l/x)^{0,627 + 0,00025,8} \quad n_0 = 1 + 0,4 \left(\frac{100}{17,3} \right)^{0,627 + 0,00217,3} = 2,2$$

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

(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_ϕ – 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 параметры 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 $N > 1$, то $y=0,26$. $C = \frac{1}{0,03} \cdot 2^{0,26} = 39,9$; $D = \frac{9,8 \cdot 0,5 \cdot 2}{39,9^2} = 0,006$

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

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

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

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 100м, 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 $0,0001 \text{ г/л}$. 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 $0,5 \text{ мг/л}$, расход стока $10 \text{ м}^3/\text{ч}$, кратность разбавления – 20, фоновую концентрацию не учитывать.

Задача 8. Найти НДС для сброса азота нитритного. ПДК по азоту нитритному равно $0,2 \text{ мг/л}$, расход стока 20 л/мин . кратность разбавления – 10. Фоновая концентрация $0,04 \text{ мг/л}$.

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
$C_{\text{ф}}$, 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 $1 \text{ м}^3/\text{с}$, их ПДК равны $0,01$; $0,05$; $0,1 \text{ мг/л}$, 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):

$$\bar{B}_i = 1 / 0,02 = 50$$

$$M_1 = 50 \cdot 1 = 50 \text{ усл. т.}$$

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):

$$\mathcal{E}_1^n = 1 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 350000 = 490000 \text{ руб/год.}$$

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 стока – 0,3 м³/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 колииндекса в сбросе и его нормативного содержания равно 2,5 и объем сброса 1350 тыс. м³/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 2007 года. Оценить эколого-экономический ущерб по курсу рубля 2007 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, $c: k = 1/t \cdot \ln(m_0/m)$

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

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 ^{131}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 5лет после выброса. Периоды полураспада изотопов калия и кальция соответственно 20мин и 163 сут.

Задача 4. Какую дозу излучения можно получить, если находиться на расстоянии 1м от источника излучения в течение 5мин. 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 2г/с , высота источника 10м, диаметр устья источника 0,5м, расход газовой смеси $1,5\text{м}^3/\text{с}$, разность между температурой смеси и температурой воздуха 100°C , коэффициент оседания вещества 1, коэффициент учета рельефа местности 1, коэффициент температурной стратификации атмосферы 180. период полураспада изотопа 3,8сут.

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

Задача 7. В водохранилище сбрасывается сток, содержащий ^{131}Cs с периодом полураспада 10сут. Рассчитать НДС, если средняя глубина водоема 4м, расстояние от места сброса до контрольной точки отбора проб воды 100м, 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 20сут после выброса. Периоды полураспада изотопов цезия, ксенона, йода соответственно 30мин, 6ч и 36сут.

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

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 $f_1 = 8000$ 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 $f_j = 8000$ Гц:

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

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

3. Уровень звукового давления на рабочем месте: $\Delta L_{р.м8000} = \Delta L_{8000} - \Delta L_{\rightarrow 8000} = 81 - 19,5 = 61,5$ дБ, что меньше $L_{доп8000} = 69$ дБ.

Аналогично получаем $k_{4000} = 2,66$, $\Delta L_{\rightarrow 4000} = 17$ дБ и $\Delta L_{р.м4000} = 67$ дБ, что меньше $L_{доп4000} = 71$ 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 24х18х6м. 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
$L_{р\ сум}$, дБ	98	102	113	100	101	84	83	74

Площадь стены $S_1 = 24 \times 6 = 144$ м².

Площадь двери $S_2 = 4$ м².

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.):

$$V_n = 2592 \text{ м}^3$$

$$B_{\text{ш}1000} = 100 \text{ м}^2$$

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:

$$B_{\text{ш}63} = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ м}^2 .$$

Аналогично рассчитываем для остальных октавных полос и вносим в таблицу 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):

$$V_n = 1404 \text{ м}^3; B_{\text{ш}1000} = 80 \text{ м}^2$$

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):

$$B_{\text{и}63} = B_{\text{и}1000} \cdot \mu = 80 \cdot 0,5 = 40 \text{ м}^2$$

Аналогично определяем $B_{\text{и}}$ для остальных октавных полос и вносим в таблицу 2.5.2.

7. Определяем суммарный уровень звукового давления в помещении $L_{\text{р сум}}$ 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) $L_{\text{р доп}}$ и вносим в таблицу 2.5.2.

9. Рассчитываем $10 \lg n$: $n = 2$ (стена и дверь)

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

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

$$10 \lg B_{\text{ш}63} = 10 \lg 50 = 17$$

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

11. Вычисляем величину $10\lg B_n$. 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:

$$R_{\text{тр1}} = 98 - 83 - 17 - 16 + 21,6 + 6 + 3 = 12,6 \text{ дБ.}$$

Аналогично рассчитываем $R_{\text{тр1}}$ для остальных октавных полос частот.

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

$$R_{\text{тр2}} = 98 - 83 - 17 - 16 + 21,6 + 6 + 3 = 12,6$$

16. По результатам расчета на основе $R_{\text{тр1}}$ и $R_{\text{тр2}}$ подбираем соответствующие элементы ограждения (табл. 1.6.5, 1.6.6). При этом величины требуемой звукоизолирующей способности со знаком « \rightarrow » 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	$B_{\text{ш1000}} (V_n = 2592 \text{ м}^3)$ (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	$B_{\text{ш}} = B_{\text{ш1000}} \cdot \mu$	50	50	55	70	100	160	300	600
4	$B_{\text{и1000}} V = 1404 \text{ м}^3$ (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	$B_{\text{и}} = B_{\text{и1000}} \cdot \mu$	40	40	44	56	80	128	240	480

Окончание табл. 2.5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	$L_{p, \text{сум}}$	98	102	113	100	101	84	83	74
8	$L_{p, \text{доп}}$	83	74	68	63	60	57	55	54
9	$10 \lg B_{\text{ш}}$	17	17	17,4	18,4	20	22	24,8	27,8
10	$10 \lg B_{\text{н}}$	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	$R_{\text{пр1}}$ (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	$R_{\text{пр2}}$ (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, a, м	Расстояние от экрана до рабочего места, b, м
1	2	3	4	5
1.	1	1,5	0,5	1,5
2.	2	2	1	1,5
3.	3	2,5	1,5	1,5
4.	1	3	0,5	2

Окончание табл. 2.5.3

1.	2	3	4	5
5.	2	3,5	1	2
6.	3	4	1,5	2
7.	1	4,5	0,5	1
8.	2	5	1	1
9.	3	1,5	1,5	1
10.	1	2	0,5	1,5
11.	2	2,5	1	1,5
12.	3	3	1,5	1,5
13.	1	3,5	0,5	2
14.	2	4	1	2
15.	3	4,5	1,5	2

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

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

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, b, 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	113	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 75×30 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, $S_{\text{п}} = 2250$ м²;

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 $\rho_{\text{п}} = 70\%$, $\rho_{\text{с}} = 50\%$;

по найденным значениям i , $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{с}}$ по табл. 10 в соответствии с выбранным типом светильников (НСР-01) определяем коэффициент использования светильников $\eta = 55\%$;

число светильников в помещении $N_{\text{с}} = 120$.

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

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

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 буд-
дет равно: $n = 13500 : 4200 \approx 4$.

Для того чтобы, не меняя расположение светильников и их чис-
ла, а также количества ламп в них установленных, можно рекомендо-
вать установить 240 ламп типа ЛБ мощностью 80 Вт и световым пото-
ком 5220 Лм. Тогда $\Phi = 5220 * 2 = 10440$ Лм, что находится в допусти-
мых пределах -10% и +20%.

Задания для выполнения РГЗ

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

Исходные данные представлены в табл. 2.6.1.

2.7. Расчет устойчивости откоса

Исходные данные для расчета: откос из однородного грунта (су-
глинка) высотой 11 м и заложением 1:1 (угол откоса 45°). Физико-
механические свойства грунта: $\gamma = 19$ кН/м³, $\varphi = 20^\circ$, $c = 40$ кПа.
Необходимо оценить устойчивость откоса, находящегося в непосред-
ственной 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 опре-
делим 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

Таблица 2.6.1.

Задания к выполнению РГЗ

№ – номер варианта	Кол-во установленных в помещении светильников, шт	Кол-во ламп в светильнике, шт.	Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Фактическая освещенность, лк	Разряд зрительной работы	Размеры помещения, В×Ш×Г, м
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	950	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

Таблица 2.7.2

Расчет устойчивости откоса

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

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

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

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

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 строится расчётная 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:

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

4. Проверяется выполнение условия(1.9.1):

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

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

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

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

Следовательно, расчёт 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 $c = 0$ кПа, 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

3. Методические указания к выполнению курсового проекта

Цель курсового проекта - закрепление полученных студентами теоретических знаний, практических навыков, а также развитие самостоятельности в решении вопросов мониторинга и экспертизы безопасности жизнедеятельности.

Основные задачи курсового проекта - научить студентов:

- правильно оценивать опасность веществ и негативных воздействий в конкретных условиях эксплуатации технологических комплексов,
- применять методы расчета параметров для решения практических задач защиты человека, окружающей среды;

- разрабатывать проекты наблюдательных станций за деформациями зданий, сооружений и земной поверхности, выполнять оценку технического состояния зданий и сооружений;
- рассчитывать величины вертикальных и горизонтальных деформаций фундаментов зданий, сооружений и земной поверхности;
- разрабатывать мероприятия по защите окружающей среды и человека от негативного воздействия различных факторов;
- пользоваться технической, нормативной и справочной литературой.

Порядок оформления курсового проекта

Курсовой проект включает пояснительную записку и графическую часть. Пояснительную записку следует оформлять на листах формата А4 (210×297 мм); размеры полей: левое – 20 мм, правое – 10 мм, верхнее – 15 мм, нижнее – 20 мм.

Пояснительная записка выполняется с нанесенной ограничительной рамкой отстоящей от левого края на 20 мм и остальных на 5мм.

Единые формы, размеры и порядок заполнения основных надписей на чертежах и в текстовых документах, входящих в состав студенческих курсовых работ, курсовых и дипломных проектов приведен в приложении А (согласно ГОСТ 21.101-97 (СПДС)).

Расстояние от рамки до границ текста следует оставлять в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм.

Текст пояснительной записки печатается на одной стороне листа через полтора интервала, шрифт Times New Roman (кегель 14), отступ красной строки – 1,27 см., выравнивание – по ширине.

Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, принципах, формулах, применяя шрифты разной гарнитуры.

Графическая часть курсового проекта может выполняться на листах формата А1 (Допускается и другой формат, например, А2).

Графическая часть работы может выполняться тушью или карандашом или с применением специализированных программ на ПЭВМ, например AutoCAD.

Графический материал должен как можно полнее и нагляднее отражать основные результаты курсового проекта.

Порядок выполнения курсового проекта

Пояснительная записка, как правило, состоит из следующих элементов; титульный лист; оглавление; введение; теоретическая часть; расчетная часть; заключение; библиографический список; приложения.

Титульный лист является первой страницей пояснительной записки курсового проекта. Титульный лист следует оформлять в соответствии с приложением Б.

Содержание включает: Введение, наименование всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), Заключение, Библиографический список и Приложения, если они наименованы, с указанием *номеров страниц*. Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту курсового проекта.

Во введении излагают *актуальность, цель* и основные задачи выполнения курсового проекта.

При формулировке *цели* следует указывать «то, к чему стремятся, что надо осуществить», а также то, что в самом общем виде должно быть достигнуто при выполнении работы. Формулировка *задач*, которые решаются в процессе выполнения курсового проекта, должна быть связана с целью её выполнения.

Задание на теоретическую и расчетную часть студент получает у преподавателя.

В заключении должны содержаться краткие выводы по результатам выполнения работы.

Библиографический список литературы должен содержать сведения об источниках, использованных при написании курсового проекта.

Периодические издания (журналы) являются основным источником современной научно-технической информации. Актуальные проблемы, последние научные и технические результаты и решения по проблемам безопасности и улучшения условий труда на производстве содержатся в следующих периодических изданиях: «Безопасность жизнедеятельности», «Безопасность труда в промышленности», «Гигиена и санитария» и других, а также в отраслевых журналах.

Наряду с учебниками и журналами в качестве дополнительных источников информации возможно использование интернет ресурсов. Это один из самых удобных источников информации, но не следует использовать только ресурсы Интернета, особенно «коллекции рефератов», потому что указанная информация часто подготовлена не специалистами и не всегда достоверна.

Выбор работы и варианта задания.

Номер работы и вариант задания выбираются студентом по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Номер работы – последняя цифра зачетной книжки. Вариант задания – предпоследняя цифра зачетной книжки. Если номер последней или предпоследней цифры равен нулю, то номер работы или вариант задания равны 10.

Задания для курсового проекта

Тема 1. Моделирование процессов сложных экологических систем

Задание для практической части

Оптимизация очистки водных растворов по математической модели

В процессе выполнения данного задания необходимо получить математическую модель процесса очистки воды от соединений ртути; найти оптимальные параметры процесса, при которых содержание ртути в сбросах минимально.

Основные понятия

Построение математических моделей технологических процессов природных явлений основано на использовании специальных методов планирования эксперимента. Планирование эксперимента – это управление процессом, явлениями при неполном знании механизма явления процесса.

Планирование эксперимента рассматривают как одно из направлений кибернетики, основные идеи которой сформулированы в работах английского математика Рональда Фишера в 1930-1935 гг. и развиты в 1950-1957 гг. Боксом, Уилсоном и Хантером.

Методы планирования эксперимента базируются на получении математической модели в виде полинома.

$$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2 + \dots \quad (3.1.1)$$

где b_0 , b_i , b_{ij} , b_{ii} – коэффициенты полинома; x – факторы, влияющие на процесс, явление (например, давление, температура и т.д.); y – переменная состояния объекта исследования.

Наиболее простой вид имеет линейный полином уравнения:

$$y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + \dots + B_n x_n \quad (3.1.2)$$

Линейный полином получают при помощи специальной установки эксперимента по определенному плану, представленному в виде матрицы планирования эксперимента.

Уровнем фактора называют значение параметра, которое фиксируется и изменяется при проведении процесса, например, x_1 – температура, 60°C , 80°C ; x_2 – время 100 с, 140 с.

Средние значения уровней факторов называются нулевыми уровнями X_{i_0} ($X_{1_0} = 70^\circ\text{C}$, $X_{2_0} = 120^\circ\text{C}$).

Значение фактора, прибавление которого к нулевому уровню дает верхний уровень, а вычитание – нижний уровень, называют интервалом варьирования ΔX_i ($\Delta X_1 = 10^\circ\text{C}$, $\Delta X_2 = 2c_i$).

Область определения факторов – это их нижние и верхние уровни.

Каждую точку факторного пространства изображают в кодированной форме:

$$x = \frac{x_i - x_{oi}}{\Delta x}; \quad (3.1.3) \quad x_{g(n)} = (x_i - x_{oi}) / x$$

$$x_{1_0} = \frac{80 - 70}{10} = +1$$

$$x_{1_n} = \frac{60 - 70}{10} = -1$$

$$x_{2_0} = \frac{140 - 120}{20} = +1$$

$$x_{2_n} = \frac{100 - 120}{20} = -1$$

Эксперимент, в котором реализованы все сочетания факторов на нижних и верхних уровнях, называют полным факторным экспериментом (ПФЭ). Если каждый фактор варьируется на двух уровнях, то получается ПФЭ типа 2^n . Для двух факторов ($n=2$) число опытов $N=2^2=4$.

План, содержащий запись всех комбинаций факторов кодированной формы, называют матрицей планирования. В матрице планирования сочетание первого фактора на двух уровнях (+1, -1) повторяют для каждого следующего фактора на верхнем и нижнем уровне. Фактор x_0 является фиктивной переменной. Использование фактора x_0 делает расчеты коэффициентов модели более общими.

Основное преимущество факторного эксперимента заключается в одновременном варьировании всех факторов, что приводит к снижению ошибки в оценке коэффициентов полинома в N раз (N – общее число опытов).

Организация матриц планирования ПФЭ $2^2 \dots 2^4$ показана в табл.3.1.1

Таблица 3.1.1

Построение матриц проведения эксперимента

№	Тип эксперимента	Фактор				
		X_0	X_1	X_2	X_3	X_4
1	ПФЭ 2^2	+1	+1	+1	+1	+1
2		+1	-1	+1	+1	+1
3		+1	+1	-1	+1	+1
4		+1	-1	-1	+1	+1
5	ПФЭ 2^3	+1	+1	+1	-1	+1
6		+1	-1	+1	-1	+1
7		+1	+1	-1	-1	+1
8		+1	-1	-1	-1	+1
9	ПФЭ 2^4	+1	+1	+1	+1	-1
10		+1	-1	+1	+1	-1
11		+1	+1	-1	+1	-1
12		+1	-1	-1	+1	-1
13		+1	+1	+1	-1	-1
14		+1	-1	+1	-1	-1
15		+1	+1	-1	-1	-1
16		+1	-1	-1	-1	-1

Формально прием построения матрицы планирования сводится к методу чередования знаков уровней.

Проведение факторного эксперимента осуществляют по следующему алгоритму:

- строят матрицу планирования;
- ставят опыты в соответствии с планом матрицы;
- рассчитывают коэффициенты линейного полинома (уравнение регрессии);
- рассчитывают ошибку опыта;
- проверяют значимость коэффициентов регрессии;
- находят оптимальное решение процесса.

Коэффициенты уравнения регрессии в линейной форме рассчитывают по формуле:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u \quad (i=1,2,\dots,n), \quad (3.1.4)$$

где \bar{y}_u – среднее значение по параллельным опытам u -й строки матрицы планирования; x_i – уровень фактора (+1, -1).

$$\bar{y}_u = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m y_{uk}, \quad (3.1.5)$$

где m – число параллельных опытов.

Формулы (3.1.4.) и (3.1.5) можно соединить:

$$b_i = \frac{1}{Nm} \sum_{u=1}^N \sum_{k=1}^m x_{iu} y_{uk}. \quad (3.1.6)$$

Расчет ошибки опыта оценивают по параллельным опытам:

$$S_u^2 = (1/(m-1)) \sum_{u=1}^m (y_{uk} - \bar{y}_u)^2, \quad (3.1.7)$$

Построчные ошибки опыта S усредняют:

$$S_o = (1/N) \sum_{u=1}^N S_u^2 \quad (3.1.8)$$

Для оценки влияния факторов на переменную состояния проводят проверку значимости каждого коэффициента:

– находят дисперсию коэффициентов регрессии:

$$S_{bi}^2 = (S_o^2 / N); \quad (3.1.9)$$

т.е. дисперсии всех коэффициентов равны, т.к. зависят только от ошибки опыта S_o^2 и числа строк матрицы планирования N ;

– определяют параметр t_{ip}

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S_{bi}} \quad (3.1.10)$$

где $|b_i|$ - абсолютное значение i -го коэффициента регрессии,

S_{bi} – среднеквадратичное отклонение b_i

– из табл. 3.1.1 определяют критерий Стьюдента по числу степеней свободы f_0 и уравнению значимости

$$f_0 = N(m-1) \quad (3.1.11)$$

– сопоставляют t_{ip} и t_T (табл. 3.1.1).

Таблица 3.1.1

Процентные точки распределения Стьюдента при уровне значимости $q=0.05$

Показатель	Значение												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	24	
Число степеней Свободы, f_0													
Процентные точки, t_T	12,7	4,3	3,19	2,78	2,57	2,45	2,36	2,31	2,26	2,23	2,1	2,0	

Коэффициент значим при выполнении условия

$$t_{ip} > t_T \quad (3.1.12).$$

При выполнении условия значимости коэффициент принимают равным 0.

Пригодность линейного уравнения для решения задачи поиска области оптимума проверяют по критерию Фишера (табл. 3.1.2). Для этого сравнивают дисперсии средних опытных данных переменной состояния $\overline{y_u}$ относительно тех значений переменной состояния $\overline{y_u}$, которые предсказаны полученным линейным уравнением регрессии. Эта дисперсия называется дисперсией адекватности и рассчитывается по формуле:

$$S_{a0}^2 = (m/(N-l)) \sum_{u=1}^N (\overline{y_i} - \overline{y_i}^2), \quad (3.1.13)$$

где N – число строк матрицы планирования; l – число членов в уравнении регрессии, оставшихся после оценки значимости коэффициента.

Согласно критерия Фишера уравнение адекватно описывает процесс при соблюдении следующего условия:

$$F_p < F_T, \quad (3.1.14)$$

где F – критерий Фишера, найденный из таблиц для степеней свободы (табл. 3.1.2) $f_{a0} = N - l$ и $f_0 = N(m - l)$; F_p – расчетное значение критерия:

$$F_p = (S_{a0}^2 / S_0^2)$$

Таблица 3.1.2

Критерий Фишера при уровне значимости $q=0.05$

$f \backslash f_{ал}$	4	5	6
8	2,84	3,69	3,58
16	3,01	2,85	2,74
24	2,78	2,62	2,51

Поиск области оптимума осуществляют методом крутого восхождения. Алгоритм метода крутого восхождения заключается в проведении следующих операций.

1. Выбор базового фактора. Фактор, для которого произведение коэффициента регрессии на интервалах варьирования максимально, называют базовым: $a = \max (B \cdot X)$.

2. Для базового фактора выбирают шаг крутого восхождения h , равный интервалу варьирования X_a .

3. Пересчитывают составляющие градиента по выбранному шагу крутого восхождения:

$$h = ((B \cdot X) / a) \cdot h_a, \quad (3.1.15)$$

4. Округляют шаг крутого восхождения.

5. Организуют поиск оптимальной области путем последовательного прибавления составляющих градиента уравнения регрессии к нулевому уровню. Получают серию значений факторов крутого восхождения. Переводят факторы крутого восхождения в кодированную форму и получают расчетное значение переменной состояния Y . Через несколько шагов ставят эксперименты, проверяя соответствие расчета и эксперимента.

Стратегия проведения опытов состоит в том, чтобы найти такие шаги, которые увеличивают выходную переменную, а затем ее уменьшают.

Пример. Получено уравнение регрессии следующего вида:

$$Y = 23,28 + 1,78 \cdot X_1 + 10,23 \cdot X_2 + 9,36 \cdot X_3$$

Требуется осуществить поиск максимальных значений параметра Y . Результаты крутого восхождения приведены в табл.3.1.3

Таблица 3.1.3

Исходные данные и результаты крутого восхождения

Наименование	Фактор			Расчет	
	X_1	X_2	X_3		
Нулевой уровень	0,7	135	30		
Интервал варьирования X	0,2	5	15		
Коэффициенты	1,78	10,23	9,36		
Произведение $B \cdot X$	0,356	51,4	140,4		
Пересчет составляющих градиента при $h = 15$	0,038	5,49	15		
Округление шага	0,04	5	15		
Опыт	Крутое восхождение			Переменная состояния	
9	0,74	140	45	43	–
10	0,78	145	60	70	–
11	0,82	150	75	89	67
12	0,86	155	90	109	–
13	0,90	160	105	–	73
14	0,94	165	120	–	68

В табл. 3.1.3 даны расчетные значения параметра и экспериментальной величины процесса (Y).

В качестве примера рассчитаем значение Y для опыта 9:

$X_1 = 0,74$: кодированное значение $X_1 = (0,74 - 0,7)/0,2 = 0,2$;

$X_2 = 140$: кодированное значение $X_2 = (140 - 135)/5 = 1$;

$X_3 = 45$: кодированное значение $X_3 = (45 - 30)/15 = 1$

$Y = 23,28 + 1,78 \cdot 0,2 + 0,23 + 9,36 = 43$

Крутое восхождение в данном примере эффективно: в опыте 13 достигнуто максимальное значение параметра.

Исходные данные для выполнения работы

В работе необходимо построить математическую модель извлечения ртути из раствора при производстве хлора и щелочи электролизом хлорида натрия на ртутном катоде.

В качестве переменной состояния выбирают показатель «содержание ртути на выходе процесса». Так как раствор электролита сбрасывают в водный бассейн, цель моделирования состоит в установлении таких параметров работы, при которых содержание ртути в растворе минимально. Технологическая схема получения хлора и щелочи изображена на рис.3.1.1.

Процесс очистки раствора осуществляет методом экстракции. Экстракция зависит от скорости вращения мешалки, температуры раствора, времени пребывания раствора в реакторе. Нулевые уровни факторов:

$X_{10} = 2500$ об/мин;

$X_{20} = 100$ °С;

$X_{30} = 45$ мин.

Интервалы варьирования:

$X_1 = 500$ об/мин;

$X_2 = 10$ °С;

$X_3 = 15$ мин.

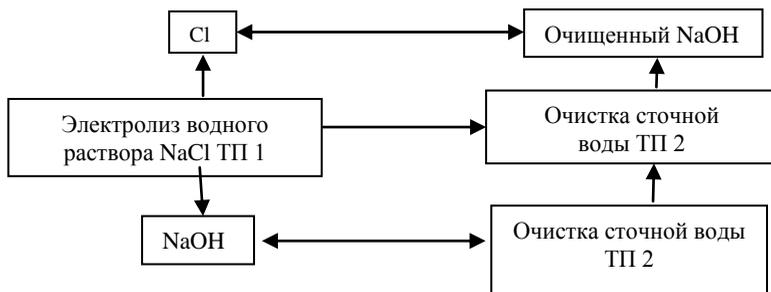


Рис. 3.1. Технологическая схема получения хлора и щелочи электролизом хлорида натрия на ртутном катоде

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы (табл. 3.1.4).
2. В соответствии с матрицей планирования провести расчет коэффициентов линейного уравнения регрессии.
3. Оценить значимость коэффициентов регрессии.
4. Проверить адекватность уравнения.
5. Из уравнения регрессии найти условия процесса, которые обеспечивают минимальное содержание ртути в растворе.

Таблица 3.1.4

Матрица планирования эксперимента

Опыт	Фактор				Состояние системы			
	X_0	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант №1								
1	+1	+	+	+	1,1	0,9	0,9	
2	+1	-	+	+	0,8	0,9	0,8	
3	+1	+	-	+	2	2,5	2,2	
4	+1	-	-	+	3	3,2	2,8	
5	+1	+	+	-	3	3,2	3,1	
6	+1	-	+	-	4	4,2	4,4	
7	+1	+	-	-	4,6	4,8	4,7	
8	+1	-	-	-	6,8	7	6,8	
Вариант №2								
1	+	+	+	+	0,3	0,31	0,36	
2	+	-	+	+	0,4	0,42	0,44	
3	+	+	-	+	0,6	0,61	0,61	
4	+	-	-	+	0,62	0,64	0,66	
5	+	+	+	-	0,7	0,72	0,76	
6	+	-	+	-	0,8	0,82	0,84	
7	+	+	-	-	2,2	2,2	2,4	
8	+	-	-	-	3,2	3,3	3,5	
Вариант №3								
1	+	+	+	+	0,2	0,22	0,18	
2	+	-	+	+	0,4	0,41	0,43	
3	+	+	-	+	0,5	0,6	0,5	
4	+	-	-	+	0,42	0,44	0,43	
5	+	+	+	-	2	2,2	2,1	
6	+	+	-	-	3	3,2	3,1	
7	+	+	-	-	4	4,1	4,2	
8	+	-	-	-	5	5,1	5,2	
Вариант №4								
1	+	+	+	+	0,1	0,11	0,12	0,13
2	+	-	+	+	0,2	0,22	0,24	0,2
3	+	+	-	+	0,32	0,34	0,36	0,32

Продолжение табл. 3.1.4

1		3	4	5	6	7	8	9
4	+	-	-	+	0,4	0,42	0,44	0,41
5	+	+	+	-	0,5	0,56	0,58	0,55
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант №4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	+	-	+	-	0,6	0,62	0,64	0,61
7	+	+	-	-	0,7	0,74	0,78	0,73
8	+	-	-	-	0,8	0,81	0,88	0,85
Вариант №5								
1	+	+	+	+	0,3	0,35	0,32	
2	+	-	+	+	0,6	0,64	0,62	
3	+	+	-	+	0,4	0,42	0,44	
4	+	-	-	+	0,42	0,44	0,46	
5	+	+	+	-	0,5	0,52	0,54	
6	+	-	+	-	0,6	0,62	0,64	
7	+	+	-	-	0,7	0,74	0,78	
8	+	-	-	-	0,8	0,86	0,88	
Вариант №6								
1	+	+	+	+	0,2	0,24		
2	+	-	+	+	0,3	0,32		
3	+	+	-	+	0,4	0,42		
4	+	-	-	+	0,48	0,46		
5	+	+	+	-	0,5	0,52		
6	+	-	+	-	0,6	0,62		
7	+	+	-	-	0,7	0,74		
8	+	-	-	-	0,84	0,86		
Вариант №7								
1	+	+	+	+	0,4	0,46		
2	+	-	+	+	0,5	0,56		
3	+	+	-	+	0,6	0,64		
4	+	-	-	+	0,7	0,74		
5	+	+	+	-	0,8	0,84		
6	+	-	+	-	0,9	0,94		
7	+	+	-	-	1,5	1,6		
8	+	-	-	-	2,8	2,9		
Вариант №8								
1	+	+	+	+	1	1,2	1,1	
2	+	-	+	+	2	2,2	2,4	
3	+	+	-	+	3	3,4	3,6	
4	+	-	-	+	4	4,4	4,6	
5	+	+	+	-	5	5,2	5,4	
6	+	-	+	-	5,2	5,4	5,6	
7	+	+	-	-	8	8,2	8,6	
8	+	-	-	-	10	12	14	
Вариант №9								
1	+	+	+	+	0,2	0,3	0,2	
2	+	-	+	+	0,3	0,33	0,32	

Окончание табл. 3.1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	+	+	-	+	0,38	0,38	0,4	
4	+	-	-	+	0,45	0,48	0,44	
5	+	+	+	-	0,3	0,32	0,34	
6	+	-	+	-	0,6	0,62	0,64	
7	+	+	-	-	0,7	0,74	0,76	
8	+	-	-	-	1,8	1,6	1,7	
Вариант №10								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+	+	+	+	0,1	0,12	0,14	
2	+	-	+	+	0,2	0,18	0,22	
3	+	+	-	+	0,3	0,28	0,32	
4	+	-	-	+	0,4	0,42	0,44	
5	+	+	+	-	0,5	0,52	0,54	
6	+	-	+	-	0,6	0,62	0,64	
7	+	+	-	-	0,7	0,72	0,74	
8	+	-	-	-	0,8	0,82	0,84	

Задания для графической части работы

Провести построение функции отклика Y от параметров X_1, X_2, X_3 :
 $Y=f(X_1, X_2, X_3)$.

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Методы исследования поведения сложных систем.
2. Прогнозирование развития экологических систем.
3. Виды моделирования. Модели устойчивого развития экологических систем.
4. Основные положения планирования эксперимента.

Литература (1-4,19 -21, 24, 26, 29, 41).

Тема 2. Охрана вод от загрязнений. Составление проектов и нормативов допустимых сбросов (НДС)

Задание для практической части

Расчет НДС для реки

В процессе выполнения данного задания необходимо изучить алгоритм составления нормативов НДС для реки, рассчитать нормативы НДС для речного потока.

Основные понятия

Нормативно-допустимый сброс (НДС) определяют как произведение расхода сточных вод на концентрацию в них загрязняющих веществ, не нарушающих нормативное качество воды:

$$\text{НДС} = q \cdot C, \quad (3.2.1)$$

где q – максимальный расход сточных вод, м³/ч; C – концентрация загрязняющих веществ в сточной воде, при которой в контрольной точке отбора пробы соблюдается установленный норматив на загрязняющее вещество (ПДК), г/м³, мг/л.

В соответствии с «Инструкцией по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и выбросов в водные объекты» при сбросе вредных веществ со сточными водами меньше расчетного НДС за величину НДС принимается фактический сброс вещества. При фоновом содержании загрязняющих веществ, превышающим нормативы, НДС устанавливается из условий соблюдения фонового качества воды в контрольном створе.

Величину НДС по взвешенным веществам находят из концентрации взвешенных веществ в водном объекте до места сброса:

$$C = C_{\phi} + 0,25; \quad C = C_{\phi} + 0,75, \quad (3.2.2)$$

где C – концентрация взвешенных веществ в воде, предназначенной для рыбохозяйственного и культурно-бытового водопользования, мг/л, C_{ϕ} – фоновая концентрация загрязняющего вещества, мг/л.

Кроме указанных требований по взвешенным частицам в сточной воде не должны присутствовать взвеси со скоростью выпадения 0,2 мм/с при спуске воды в водоём и со скоростью выпадения более 0,4 мм/с при спуске в водотоки.

При поступлении в водные объекты нескольких веществ с лимитирующими показателями вредности (ЛПВ) должно соблюдаться условие:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1 \quad (3.2.3)$$

По лимитирующим признакам вредности выделяют следующие вещества: соединения ртути, нитриты, метанол, формалин, бензол, анилин, дихлорэтилен и другие вещества 1-го и 2-го класса опасности.

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы (варианты 1...10) табл. 3.2.1.

2. Рассчитать нормативы НДС для веществ, указанных в задании (табл.3.3.2) с учетом условия ЛПВ, формулы (1.2.1) ... (1.2.20).
3. Заполнить табл. 3.2.3 для параметров НДС.

Таблица 3.2.1

Гидрологические параметры реки и сточных вод

Вариант	Глубина реки	Скорость течения, м/с	Расход воды в реке, м ³ /с	Коэффициент извилистости	Расход стока, м ³ /ч	Расстояние от выпуска до точки отбора пробы воды, м
1	2	3	4	5	6	7
1	1	0,5	0,8	1	0,2	500
2	2	0,1	1,2	1,5	0,4	100
3	4	0,4	5,0	1,2	0,5	400
4	5	0,2	4,3	1,2	0,6	500
5	3	0,1	6	1,4	0,7	300
6	1	0,4	7	1,8	0,8	800
7	5	0,3	8	1,6	1	400
8	4	0,2	3	1,7	2	200
9	3	0,8	1	1,6	0,5	300
10	1	1,0	2	1,4	0,4	500
11	6	0,2	1	1,1	0,3	600
12	7	0,8	3	1,8	0,2	400

Таблица 3.2.2

Характеристики сточной и речной воды по основным показателям для расчета НДС

Показатель состава сточных вод	Концентрация веществ, мг/л		
	Фоновая концентрация в реке	Концентрация в сточной воде	ПДК
1	2	3	4
Азот аммонийный	0,1	2	0,5
Азот нитритный	0,01	0,05	0,02
Азот нитратный	12	20	9,1
Нефтепродукты	0,01	0,3	0,05
Фосфаты	0,8	0,5	0,25
Хлориды	100	800	300
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	2	8	3
Химическое потребление кислорода (ХПК)	25	20	30
Анилин	0,061	0,65	0,1
Ртуть	0	0,010	0,0005
Бензол	0,01	1,8	0,5
Метанол	0	40,0	3,0

Таблица 3.2.3

Нормативный допустимый сброс сточных вод

№ П/П	Показатель состава сточных вод	Фактическая концентрация сброса, мг/л	Сброс, г/ч	Нормативный допустимый сброс, г/ч

Задания для графической работы

В графической части заполнить табл. 3.2.3.

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Основные методы расчета НДС при сбросе сточных вод в реку.
2. Расчет коэффициента смешения стока с речной водой.
3. Санитарные правила и нормы охраны вод от загрязнений.
4. Основные правила составления и утверждения проектов НДС.

Литература: (1, 4, 29, 41).

Тема 3. Контроль за сбросами сточных вод. Составление НДС для водохранилища.**Задание для практической части.*****Расчет (НДС) для водохранилища***

В процессе выполнения данного задания необходимо изучить алгоритм составления нормативов НДС для водохранилища; рассчитать НДС для водохранилища.

Основные понятия

При сбросе сточных вод в замкнутые водоемы и водохранилища необходимо учитывать снижение концентрации загрязняющего вещества вследствие разбавления стока.

Разбавление стока рассчитывают для двух принципиальных случаев.

1. Сброс воды осуществляют в водоем при условии, что масса стока сопоставима с массой воды в водоеме.

В этом случае происходит увеличение концентрации вещества в водоеме. При условии полного смешения воды водоема и стока концентрации загрязняющего вещества увеличивается в соответствии с формулой:

$$\tilde{N} = \tilde{N}_0 \cdot V / (V_0 V \cdot t)$$

где C – концентрация загрязняющего вещества в водоеме, $\text{кг}/\text{м}^3$; C_0 – концентрация вещества в стоке, $\text{кг}/\text{м}^3$; V_0 – объем воды водоема, м^3 ; V – скорость поступления воды, м^3 ; t – время, с.

2. Во втором случае сброс стока осуществляют в водоем при условии, что масса стока гораздо меньше, чем масса воды в водоеме. В этом случае концентрация вещества зависит от начального и конечного разбавления стока, формулы (1.2.1) ... (1.2.12).

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы (табл. 3.3.1)

Таблица 3.3.1

Исходные данные для расчета НДС для водохранилища

Вариант работы	Расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$	Глубина водохранилища (ср), м	Скорость ветра w , м/с	Расстояние до контрольного створа l , м
1	0,5	5	5	500
2	1	4	3	600
3	1,5	3	5	800
4	2,0	2	4	400
5	3,0	1	1	500
6	4,0	3	2	200
7	3,5	4	4	300
8	4,5	3	5	200
9	3	2	3	300
10	2	2	2	100

2. Определить разбавление сточной воды в водоеме при условии, что масса стока меньше массы воды в водоеме.

3. Рассчитать величины нормативов допустимых сбросов для веществ, указанных в табл. 3.3.2. При расчетах обратить внимание на следующее: для веществ, обладающих лимитирующим показателем вредности (ртуть, формалин, метанол, нитриты, анилин, бензол) необходимо соблюдать условие (3.2.3).

Таблица 3.3.2

Характеристики стока и водохранилища по основным показателям для расчета НДС

Показатель	Концентрация веществ, мг/л		
	Фоновая в водохранилище	В сточной воде	ПДК
1	2	3	4
Азот аммонийный	0,1	2	0,5
Азот нитритный	0,01	0,05	0,02
Азот нитратный	12	20	9,1
Нефтепродукты	0,01	0,3	0,05
Фосфаты	0,8	0,5	0,25
Хлориды	100	800	300
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	2	8	3
Химическое потребление кислорода (ХПК)	25	20	30
Анилин	0,061	0,65	0,1
Ртуть	0	0,010	0,0005
Бензол	0,01	1,8	0,5
Метанол	0	40,0	3,0

При нарушении этого условия НДС для веществ, обладающих фактором ЛПВ, пропорционально снижают;

– при фактическом сбросе веществ меньше расчетного за величину НДС принимают фактический сброс.

– заполнить табл. 3.3.3. для утверждения нормативов НДС.

Таблица 3.3.3

Нормативный допустимый сброс загрязняющих веществ

№ п/п	Показатель состава сточных вод	Фактическая концентрация сброса, мг/л	Сброс, г/ч	НДС г/ч

Задания для графической части работы

В графической части заполнить табл. 3.3.3.

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Методы для расчета НДС при сбросе сточных вод в водохранилище.
2. Расчет коэффициента разбавления стока.
3. Правила составления проектов НДС при сбросе сточных вод в водохранилище.

4. Нормативные требования к охране водоемов от загрязнения

Литература: (4, 16, 18, 21, 26, 29)

Тема 4. Мониторинг загрязнения атмосферы. Проектирование возможного ущерба от загрязнения атмосферы**Задание для практической части****Расчет предельно-допустимых выбросов и оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы**

В процессе выполнения данного задания необходимо научиться проводить нормативный расчет выбросов в окружающую среду; оценить ущерб от загрязнения атмосферы.

Основные понятия

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – это такое количество вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, которое обеспечивает концентрацию вещества в приземном слое не выше предельно допустимой концентрации (ПДК).

ПДВ устанавливают для каждого источника загрязнения атмосферы. Рассчитанные значения ПДВ должны являться научно обоснованной формой выброса промышленным предприятием вредных химических веществ, чтобы обеспечить соблюдение требований санитарных органов по чистоте атмосферного воздуха населенных мест.

Основной критерий качества атмосферного воздуха при установлении ПДВ для источника загрязнения атмосферы – ПДК.

При установлении ПДВ для источника загрязнения атмосферы учитывают расчетные или экспериментальные величины фоновых концентраций вредных веществ. Поэтому в формуле расчета представляют значения:

$$C = C_p + C_\phi \quad (3.4.1)$$

где C_p – расчетная концентрация загрязняющего вещества, мг/м³; C_ϕ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в расчетной точке, мг/м³.

Предельно допустимый выброс загрязнителя источником (ПДВ, г/с) и максимально допустимую концентрацию вредного вещества в

газовой смеси при выходе в атмосферу ма(C_M) можно рассчитать по преобразованным уравнениям (1.1.1) ... (1.1.19).

Коэффициенты стратификации атмосферы (A) и оседания вредных веществ (B) приведены в табл. (3.4.1; 3.4.2).

Таблица 3.4.1

**Коэффициент стратификации атмосферы (A)
в регионах России и СНГ**

Регион России и СНГ	A
Район Средней Азии южнее 40^0 с.ш. Читинская область	250
Европейская часть СНГ южнее 50^0 с.ш., Нижнее Поволжье, Кавказ, Молдова, Казахстан, Дальний Восток.	200
Европейская часть СНГ и Урал от 50 до 52^0 с.ш. за исключением перечисленных выше районов	180
Европейская часть СНГ и Урал севернее 52^0 с.ш. Украина	160
Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области	140

Таблица 3.4.2

Коэффициент F для различных загрязнителей

Тип загрязнителя	Размер частиц	Коэффициент F
Газы, аэрозоли, пыль	Менее 5	1
Пыль, аэрозоли	5...10	2
Пыль, аэрозоли	10...20	2,5
Пыль, аэрозоли	20...40	3

Порядок выполнения работы

1. По указанию преподавателя получите задания (табл. 3.4.5).

Таблица 3.4.5

Варианты для расчета ПДВ

Вариант работы	Загрязнитель	Регион	ΔT	H, m	$ПДК_3, мг/м^3$	D, m	$M, т/год$	$W_1, м^3/с$	J_1
1	Серный ангидрид	Хабаровск	30	18	10	1,05	150	2,5	6
2	Фенолы	Новокуйбышевск	35	17	1,0	1,5	210	1,85	5
3	Оксиды азота	Липецк	20	15	5,0	1,0	300	1,9	6
4	Аммиак	Рубежное	25	16	20	1,5	400	2,0	7
5	Метилмеркаптан	Мариуполь	45	18	0,8	1,75	100	2,5	8
6	Альдегиды	Белгород	25	16	0,5	1,2	200	1,4	6
7	Сероводород	Тюмень	30	17	10,0	1,15	300	1,25	5
8	Сернистый ангидрид	Баку	20	18	1,0	1,2	500	1,4	7
9	Фториды	С. Петербург	25	12	0,2	0,9	200	1,05	6
10	Оксид углерода	Донецк	40	15	20,0	1,1	800	1,25	8

2. Ознакомьтесь с методикой проведения расчета.

3. Проведите необходимые вычисления предельно допустимого выброса и эколого-экономического ущерба от загрязнения атмосферы, формулы (1.1.1) ... (1.1.23).

Задания для графической части работы

В графической части построить зависимость концентрации загрязняющего вещества в приземном слое воздуха от расстояния до источника выброса.

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Назовите основные факторы, влияющие на концентрацию загрязняющего вещества в приземном слое при выбросе газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем.
2. Как влияет рельеф местности на загрязнение атмосферы при выбросе вещества из организованного источника (трубы)?
3. Как проводят расчет загрязнения атмосферы выбросами группы источников?
4. Ориентировочные безопасные уровни и предельно допустимые концентрации вредных веществ.
5. ОБУВ: определение, нормы.

Литература: (1; 3; 4; 13; 21, 25, 41).

Тема 5. Мониторинг радиоактивного загрязнения биосферы

Задание для практической работы

Оценка радиоактивного загрязнения атмосферы при залговом выбросе радионуклидов

В процессе выполнения данного задания необходимо провести расчет радиоактивного загрязнения атмосферы при выбросах радионуклидов, оценить уровень радиации в различные периоды времени.

Основные понятия

Прогнозирование активности радионуклидов является предметом более сложных расчетов, чем прогноз ожидаемой концентрации загрязняющих веществ. Связано это с тем, что кроме распределения вещества в приземном слое воздуха активность нестабильных веществ,

подверженных радиоактивному распаду, изменяется с течением времени.

В настоящей лабораторной работе предложена методика расчета активности радионуклидов по оси факела рассеивания выброса при залповом выбросе радиоактивного вещества.

Условия проведения расчета:

- залповый выброс радиоактивного вещества от одиночного источника с круглым устьем продолжается не менее 20 мин;
- период полураспада радиоактивного вещества больше чем время залпового выброса.

При соблюдении условий проведения расчета активность радионуклида находят по формулам:

$$A_V = (C \cdot N_A \cdot \ln 2) / T_{1/2} \quad (3.5.1)$$

$$C = C_m \cdot \exp((-t \cdot \ln 2) / T_{1/2}) \quad (3.5.2)$$

где A_V – удельная активность радионуклида, Беккерель/м³ (Бк/м³); $T_{1/2}$ – период полураспада, с, мин, ч, год; C_m , C – соответственно начальная и текущая концентрация радионуклидов к моменту времени t , кмоль/м³; N_A – число Авогадро; t – время, с, мин, ч, год.

Начальную концентрацию находят по стандартной методике расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе (ОНД - 86), формулы (1.5.1) ... (1.5.8).

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы в соответствии с табл. 3.5.1.

Таблица 3.5.1

Варианты выполнения заданий по расчету активности радионуклидов

Вариант	Радионуклид	Период полураспада, $T_{1/2}$	Мощность выброса, м	Высота выброса, м	Диаметр D , м	Скорость выхода газов, м/с	Разность температур ΔT , град
1	³ H	12,4 года	10,0	10	2	1	100
2	²² Na	2,6 года	20,0	20	1	2	200
3	²⁴ Na	15 ч	30,0	30	2	3	300
4	⁴² K	12,4 ч	40,0	15	1,5	1	400
5	⁸⁴ Rb	33 сут	50	25	1	2	200
6	¹²⁹ Cs	32 ч	60	35	1	2	400
7	³³ P	25 сут	10	20	2	1	300
8	⁸² Br	35 ч	15	10	2,5	1	200
9	¹²¹ I	2 ч	20	10	1	2	300
10	⁸⁰ Co	5,3 года	100	20	1	7	300

2. Провести расчет начальной концентрации радионуклида в приземном слое на разных расстояниях от источника по оси факела выброса.

3. Рассчитать активность радионуклида в различные периоды времени. Составить карту загрязнения атмосферы радионуклидом в соответствии с табл. 3.5.2.

Таблица 3.5.2

Карта загрязнения атмосферы выбросами радионуклидов

Время от начала выброса Т	Активность радионуклида на различных расстояниях от места выброса, Бк/м ³				
	20	100	1000	3000	10000
2 ч					
10 ч					
48 ч					
100 ч					
10 сут					
50 сут					
1 год					
5 лет					
15 лет					
20 лет					

Задание для графической части

Построить зависимость концентрации радионуклида в приземном слое на разных расстояниях от источника по оси факела выброса.

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Дозы излучения и единицы измерения.
2. Расчет ожидаемой активности радионуклидов.
3. Методы защиты биосферы от излучений.
4. Предельно допустимые выбросы радионуклидов.

Литература: (1, 3, 19, 41)

Тема 6. Очистка выбросов в атмосферу

Задание к практической части

Составление карты рассеивания токсичных выбросов

Целью работы является научиться рассчитывать концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое воздуха; составить карту рассеивания токсичных веществ, выделяющихся при горении топлива.

Порядок выполнения работы

1 По указанию преподавателя получить вариант выполнения работы (тал. 3.6.1, 3.6.2).

Таблица 3.6.1

Варианты заданий для составления карты рассеивания токсичных выбросов

Вариант	Вид топлива	Зольность топлива, %	Расход топлива в топке, г/с	Теплотворная способность топлива, МДж/кг
1	Мазут	0,01	10	40
2	Уголь	18	60	20
3	Нефть	0,08	100	35
4	Газ	0	20	35
5	Мазут	0,03	40	30
6	Нефть	0,06	60	30
7	Газ	0	80	35
8	Газ	0	60	35
9	Уголь	14	100	20
10	Уголь	20	200	18

Таблица 3.6.2

Параметры выбросов источника вредных веществ

Вариант	Высота трубы выброса, м	ΔT , град	Содержание серы, %	Диаметр трубы, м	V_1 , м ³ /с
1	10	100	3	0,5	0,3
2	15	200	7	1	0,6
3	20	200	2	1	6
4	20	150	1	0,5	1
5	15	180	3	1	1
6	20	200	5	1	2
7	10	100	3	0,5	3
8	10	100	1	0,5	3
9	15	150	6	0,5	8
10	10	150	8	1	10

- Используя формулы (1.1.1)...(1.1.21), провести необходимые расчеты
- Рассчитать концентрацию токсичных веществ на расстоянии от источника выброса: 20, 100, 500, 1000, 2000, 2500, 3000 м.

4 Составить карту рассеивания вредных веществ (табл. 3.6.3).

Таблица 3.6.3

**Карта рассеивания вредных веществ
(максимальное загрязнение по оси факела)**

Расстояние от источника, м	Концентрация, мг/м ³			
	Твердых веществ	Оксида углерода	Оксидов серы	Оксидов азота
20				
100				
500				
1000				
2000				
2500				
3000				

5. Рассчитать максимальную приземную концентрацию токсичных веществ и расстояние X_m , на котором ожидается максимальное загрязнение воздуха. Сопоставить полученные данные загрязнений воздуха ПДК токсичных веществ, мг/м³: $ПДК_{ТВ} = 5$; $ПДК_{СО} = 3$; $ПДК_{SO} = 0,5$; $ПДК_{NO} = 0,085$.

4. При превышении ПДК предложить мероприятие по достижению нормативов ПДК.

Задание для графической части

Составить карту рассеивания выбросов вредных веществ (изолинии для загрязняющего вещества – оксида углерода (II) CO).

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Современные методы расчета загрязнения воздушного бассейна.
2. Очистка выбросов в атмосферу от твердых частиц.
3. Очистка выбросов в атмосферу от газов и аэрозолей.
4. Предельно допустимые выбросы вредных веществ в атмосферу

Литература: (4, 22, 23, 41)

Тема 7. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды
Задание к практической части

Анализ экономической эффективности одноцелевого мероприятия по защите биосферы

Целью работы является научиться оценивать экономические и экологические преимущества внедрения средозащитных мероприятий.

Анализ эколого-экономической эффективности одноцелевого средозащитного мероприятия проводят путём расчета экономической эффективности \mathcal{E}_r и предотвращенного ущерба Y при внедрении очистных сооружений или прогрессивных технологий.

Экономическая эффективность \mathcal{E}_z равна:

$$\mathcal{E}_z = Y_1 - (Y + C_{cp} + E_n K_{cz}), \quad (3.7.1)$$

где Y_1 – ущерб от загрязнения водоёма до внедрения средозащитного мероприятия, руб/год; Y – ущерб от загрязнения водоёма после внедрения средозащитного мероприятия, руб/год; C_{cz} – средозащитные текущие затраты на эксплуатацию очистных сооружений, руб/год; K_{cz} – средозащитные капитальные затраты, руб/год; E_n – коэффициент эффективности капитальных затрат, равный 0,15.

Ущерб от загрязнения водоёма Y_1 найдем по формуле

$$Y_1 = Y_2 \cdot J \cdot M_i, \quad (3.7.2)$$

где Y_2 – удельный ущерб от сброса одной условной тонны вещества, равный 144 руб/т; J – показатель относительной опасности загрязнения водоема для данной местности, 2,00; M_i – приведенная масса сбрасываемого вещества.

Приведенная масса сбрасываемого вещества:

$$M_i = m_i \cdot A_i; \quad m_i = q_i \cdot C_i; \quad A_i = 1 / ПДК_i, \quad (3.7.3; 3.7.4; 3.7.5)$$

где m_i – масса сбрасываемого вещества, кг; A_i – показатель относительной токсичности вещества; C_i – концентрация вещества, кг/м³; A_i – объём стока, м³.

Предотвращенный ущерб Y

$$Y = Y_1 - Y$$

Коэффициент абсолютной экономической эффективности средозащитных капитальных вложений.

$$\mathcal{E}_k = (Y - C_{C3}) / K_{C3}$$

Порядок выполнения работы

По указанию преподавателя получить вариант расчета экономической эффективности одноцелевого средозащитного мероприятия (табл. 3.20, 3.21, 3.22).

Таблица 3.20

Исходная информация для расчета экономической эффективности одноцелевого средозащитного мероприятия

№ П/П	Название веществ, поступающих в водоём со стоками	Предельно допустимая концентрация (ПДК), мг/м ³
1	БПК	3
2	Нефть	0,05
3	Масло	0,01
4	Формальдегид	0,1
5	Ацетофенол	0,1
6	Бутанол	0,03
7	Изопрен	0,005
8	Диметилдиоксан	0,005

Таблица 3.21

Варианты расчета экономической эффективности одноцелевого средозащитного мероприятия

Вариант	Концентрация вещества в стоках до внедрения мероприятия, г/м ³							
	БПК	Нефть	Масло	Формальдегид	Ацетофенол	Бутанол	Изопрен	Диметилдиоксан
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3000	20	7	85	70	80	3,0	3,5
2	1000	15	11	70	68	60	2,0	4,0
3	4000	10	8	75	66	40	3,5	4,5
4	2500	12	14	65	64	30	2,5	5,0
5	3200	18	10	50	62	35	2,6	5,5
6	4300	25	5	55	60	45	2,8	6,0
7	4500	30	6	45	72	50	2,4	6,5
8	3100	31	8	40	74	55	2,2	7,0
9	2700	32	16	48	76	75	3,2	7,5
10	1500	34	17	36	78	85	3,4	8,0

Таблица 3.22

Параметры сброса вредных веществ

Вариант	Объём стока, млн. м ³ /год	К _{сз} , млн. руб/год	С _{сз} , млн. руб/год	Степень очистки, %
1	45	12	0,8	80
2	48	18	1,0	85
3	50	30	4,0	90
4	52	7	0,5	65
5	54	6	0,4	60
6	40	40	6,0	95
7	35	11	0,6	70
8	36	8	0,6	73
9	58	15	0,6	74
10	60	17	0,7	72

По формулам (1.4.1)...(1.4.9) определить экономическую эффективность \mathcal{E}_g , предотвращенный ущерб Y , коэффициент абсолютной экономической эффективности средозащитного капитального вложения \mathcal{E}_k .

Сделать вывод о целесообразности внедрения на предприятии предлагаемой системы очистки сточных вод.

Задание к графической части работы

В графической части построить зависимость экономической эффективности \mathcal{E}_e от параметров $Y_1, Y, C_{сз}$.

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Полный экономический эффект природоохранного мероприятия, предотвращенный ущерб от внедрения средозащитных технологий, абсолютная экономическая эффективность.
2. Порядок разработки технико-экономических обоснований средозащитных мероприятий, выбор базы сравнения.
3. Оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы, водоемов, почвы

Литература: (1, 3, 19, 23, 41).

Тема 8. Мониторинг геологической среды

Задание к практической части

Составление проекта наблюдательной станции и обработка результатов наблюдений

Для определения технического состояния административного здания (рис. 3.8.1), в процессе эксплуатации которого появились видимые трещины в несущих конструкциях, необходимо разработать проект наблюдательной станции и мероприятия, направленные на стабилизацию развития деформаций.

Проект предусматривает закладку наблюдательной станции на территории цементного завода в районе административного здания с целью изучения характера деформаций земной поверхности и фундамента административного здания, определение величин вертикальных и горизонтальных деформаций, а также составление прогноза о развитии деформаций во времени и предупреждения возникновения предельных деформаций в несущих конструкциях здания административного здания.

Продолжительность инструментальных измерений на наблюдательной станции осуществляется до момента стабилизации деформационных процессов.

Камеральную обработку результатов наблюдений выполняют по окончании каждой серии измерений. Она включает следующие операции:

1. Проверку полевых журналов, уточнение и приведение в порядок записей визуальных наблюдений и других заметок.

2. Вычисление высотных отметок всех реперов наблюдательной станции.

3. Вычисление горизонтальных расстояний между реперами профильных линий (с введением всех поправок).

4. Вычисление ординат (если они измерялись).

5. В специальных ведомостях по каждой профильной линии проводят вычисления:

- вертикальных сдвижений (оседаний) реперов;

- горизонтальных сдвижений реперов вдоль профильных линий и перпендикулярно к ним (если измерялись ординаты);

- вертикальных деформаций (наклонов и кривизны) мульд сдвижения;

горизонтальных деформаций (растяжений, сжатий) интервалов между реперами.

6. Составление ведомостей вертикальных и горизонтальных деформаций.

7. Составление графиков вертикальных и горизонтальных деформаций по профильным линиям.

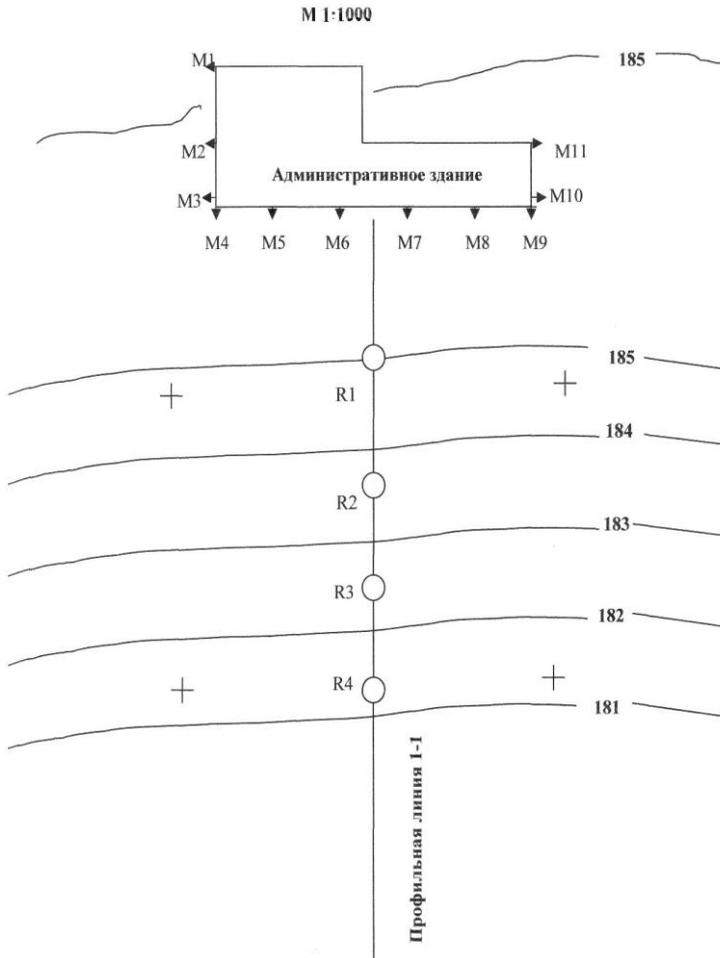


Рис. 3.8.1 План наблюдательной станции
 M_1 - M_{10} - стенные марки; R_1 - R_4 - грунтовые репера

Вычисление превышений и отметок реперов при геометрическом нивелировании проводят в журнале нивелирования, а уравнивание нивелирных ходов – в специальном журнале методом приближений или полигонов. Вычисление превышений и отметок реперов при тригонометрическом нивелировании выполняют в специальном журнале. Отметки реперов после обработки каждой серии наблюдений заносят в ведомость оседания реперов. Величину оседания репера определяют по формуле

$$\eta = H_{n-1} - H_n, \quad (3.8.1)$$

где H_{n-1} – отметка репера из предыдущего или начального наблюдения; H_n – отметка репера из последующего наблюдения.

По данным ведомостей оседания реперов составляют ведомости вертикальных деформаций – наклонов и кривизны. Наклоны определяют по формуле

$$i = \frac{\eta_n - \eta_{n-1}}{d}, \quad (3.8.2)$$

где η_n – вертикальное сдвижение переднего репера; η_{n-1} – вертикальное сдвижение заднего репера; d – горизонтальная длина интервала между реперами (от начального наблюдения).

Наклоны – величины безразмерные. При построении графиков вертикальных деформаций (наклонов) их величины относят к середине интервала.

Кривизну определяют по формуле

$$k = (i_n - i_{n-1}) / d_{\text{ср}}, \quad (3.8.3)$$

где i_n – наклон последующего интервала; i_{n-1} – наклон предыдущего интервала; $d_{\text{ср}} = (d_n + d_{n-1}) / 2$ – полусумма горизонтальных длин последующего и предыдущего интервалов (из начального наблюдения).

При построении графиков полученную кривизну относят к общей точке смежных интервалов. Радиус кривизны (величину, обратную кривизне) определяют по формуле $R = 1/k$ и выражают в километрах.

Горизонтальные деформации интервала между реперами за период между двумя наблюдениями определяют по формуле

$$\varepsilon = (d_n - d_{n-1}) / d, \quad (3.8.4)$$

а за весь период наблюдений – от начального до данного – по формуле

$$\varepsilon = (d_n - d) / d, \quad (3.8.5)$$

где d , d_n , d_{n-1} — горизонтальные длины интервалов соответственно из начального, предыдущего и последующего (данного) наблюдений.

Горизонтальные деформации, соответствующие увеличению интервала, называют растяжениями, а деформации, отвечающие уменьшению интервала, – сжатиями. При построении графиков горизонтальные деформации относят к середине интервала.

Масштабы графиков оседаний, наклонов, кривизны и горизонтальных деформаций выбирают, исходя из удобства и наглядности изображения. При этом масштаб расстояний между реперами принимают таким же, как на планах.

Графики наклонов, горизонтальных сдвижений и деформаций по профильной линии строят следующим образом. От горизонтальной (исходной) линии, на которой нанесено плановое положение реперов профильной линии, в принятом масштабе откладывают вверх положительные, а вниз – отрицательные значения соответствующих величин сдвижений реперов или деформаций интервалов между ними (оседания реперов принято откладывать вниз, а поднятия – вверх). Значения сдвижений реперов откладывают непосредственно от точек, изображающих их положение на исходной линии, а деформации интервалов между реперами – от их середин. Концы отрезков соединяют ломаной или плавной линией.

На построенных графиках определяют точки опасных деформаций в соответствии с величинами предельных деформаций, которые выбираются на основании СНиП 2.02.01–83, и оценивают техническое состояние зданий и сооружений по величинам предельных деформаций, приведенных в табл. 3.8.1.

Предельные относительные горизонтальные деформации растяжения-сжатия интервалов профильных линий не должны превышать $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$, кривизна $k = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$.

Масштабы графиков оседаний, наклонов, кривизны и горизонтальных деформаций выбирают, исходя из удобства и наглядности изображения. При этом масштаб расстояний между реперами принимают таким же, как на планах.

Таблица 3.8.1

Предельные деформации основания (СНиП 2.02.01–83)

Сооружения	Предельные деформации	
	Наклон, i	Оседание η , мм
1	2	3
Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные с полным каркасом железобетон-	0,002 0,004	80 120
Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок	0,005	150
Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из: крупных панелей крупных блоков или кирпичной кладки без армирования то же, с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов	0,0016	100
	00020	100
	0,0024	150

Пример обработки результатов наблюдений по наблюдательной станции, представленной на рис. 3.8.1 приведена в таблицах 3.8.2 – 3.8.5.

Таблица 3.8.2

Ведомость горизонтальных деформаций ственных марок

Интервалы	1-ая серия 22.10.03г	2-ая серия наблюдений 05.05.04г		
	Длина d_1 , м	Длина d_2 , м	Δd , мм	Относительная деформация $\varepsilon \cdot 10^3$
1	2	3	4	5
1-2	10,100	10,120	+20	+1,98
2-3	10,090	10,100	+10	+0,99
4-5	10,010	10,050	+40	+3,99
5-6	10,005	10,030	+25	+2,50
6-7	10,000	10,020	+20	+2,00
7-8	9,990	10,000	+10	+1,00
8-9	9,895	9,940	+45	+4,55
10-11	10,090	10,125	+35	+3,47

Таблица 3.8.3

Ведомость горизонтальных деформаций по профильной линии I-I

Интервалы	1-ая серия 22.10.03г	2-ая серия наблюдений 05.05.04г		
	Длина d_1 , м	Длина d_2 , м	Δd , мм	Относительная деформация $\varepsilon \cdot 10^3$
1	2	3	4	5
1-2	20,100	20,120	+20	+0,992
2-3	20,050	20,095	+45	+2,24
3-4	19,070	19,120	+50	+2,62

Таблица 3.8.4.

Ведомость вертикальных деформаций ственных марок

№ марки	1-ая серия наблюдений 22.10.03г	2-ая серия наблюдений 05.05.04г				
	Отметки марок H_1 , м	Отметки марок H_2 , м	Оседание η , мм	Наклон $i \cdot 10^3$	Кривизна $K \cdot 10^3$, 1/м	Радиус кривизны R , км
1	2	3	4	5	6	7
1	185,730	185,680	-50	+0,5 -0,0 -0,2 -0,2 +0,1 +0,4 +0,1 -0,7 -0,4 +0,2	-0,05 - - +0,03 +0,03 -0,03 -0,08	-20,4 - - +33,4 +33,3 -3,3 -12,3
2	185,735	185,690	-45			
3	185,740	185,695	-45			
4	185,740	185,697	-43			
5	185,738	185,693	-45			
6	185,734	185,690	-44			
7	185,730	185,690	-40			
8	185,731	185,692	-39			
9	185,733	185,687	-46			
10	185,733	185,683	-50			
11	185,735	185,687	-48			

Таблица 3.8.5

Ведомость вертикальных деформаций по профильной линии I-I

№ реперов	1-ая серия наблюдений 22.10.03г	2-ая серия наблюдений 05.05.04г				
	Отметки реперов H_1 , м	Отметки реперов H_2 , м	Оседание η , мм	Наклон $i \cdot 10^3$	Кривизна $K \cdot 10^3$, 1/м	Радиус кривизны R , км
1	2	3	4	5	6	7
1	185,000	184,990	-10	-1,49		
2	182,320	183,280	-40	0	+0,07	+14,3
3	182,240	182,200	-40	+0,52	+0,03	+33,3
4	181,010	180,980	-30			

На рис. 3.8.2 – 3.8.5 представлены графики вертикальных и горизонтальных деформаций ственных марок.

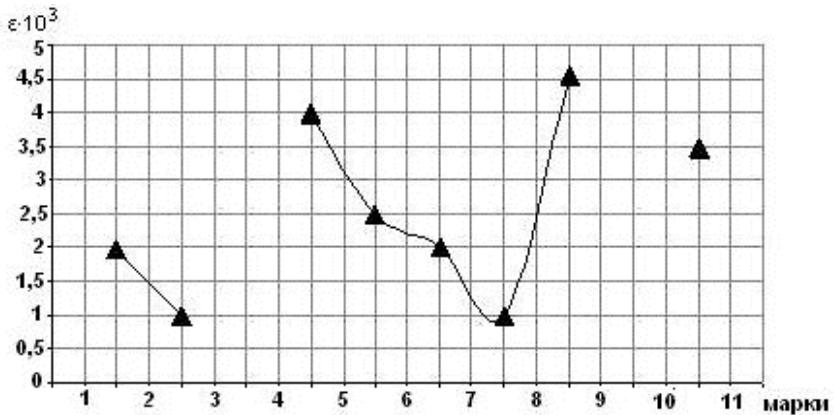


Рис. 3.8.2.. График относительных горизонтальных деформаций (стенных марок)

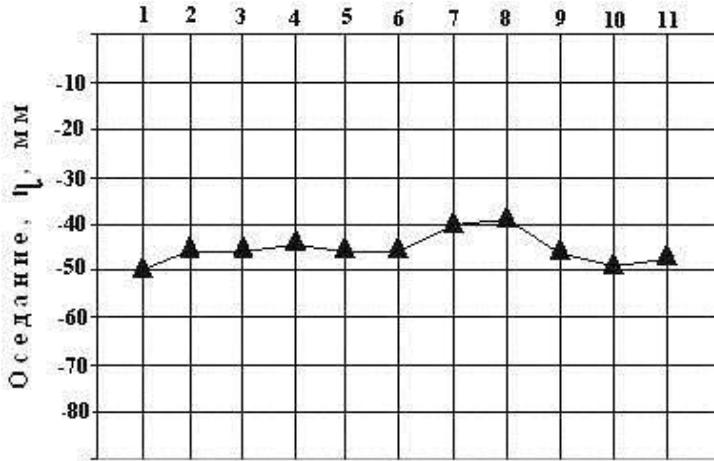


Рис. 3.8.3. График оседаний ственных марок

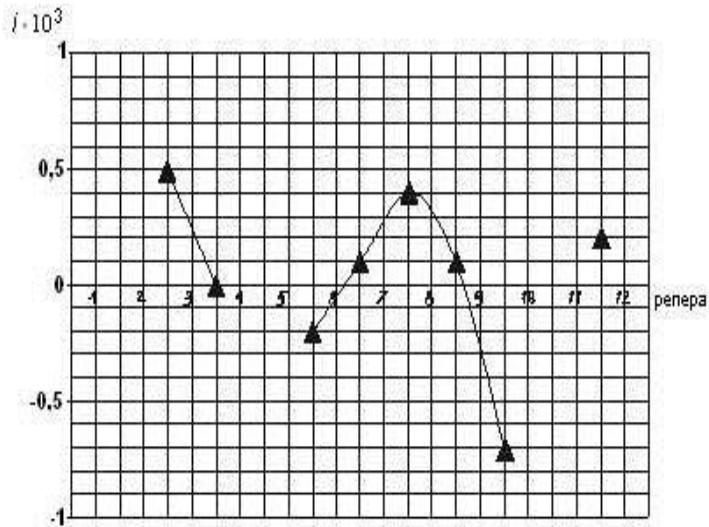


Рис. 3.8.4. Графики наклонов (стенные марки)

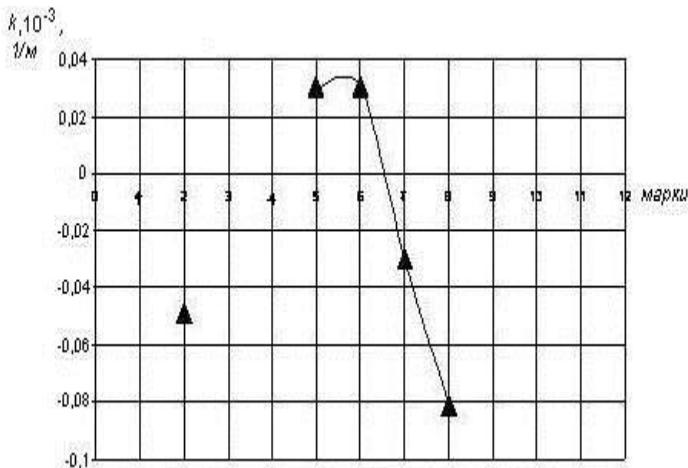


Рис. 3.8.5. График кривизны (стенные марки)

Порядок выполнения работы

1. Основой для разработки плана наблюдательной станции является план (рис 3.8.1.).
2. Необходимо в проекте обосновать типы реперов и стенных марок.
3. Для выполнения расчетов исходные данные представлены в таблицах 3.8.6 – 3.8.23.

**Задания к выполнению курсовой работы
Горизонтальные деформации стенных марок**

Таблица 3.8.6

Первое наблюдение

Номера интервалов	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	10,001	10,002	7,501	12,011	9,995	9,999	9,999	9,999	10,006	10,000
2-3	9,998	10,003	6,200	11,536	10,001	10,001	10,001	10,002	10,006	10,007
4-5	10,050	9,996	7,302	10,674	9,996	10,002	4,001	4,992	10,075	10,001
5-6	9,899	9,894	7,500	9,929	10,000	9,998	10,001	9,998	9,929	10,009
6-7	9,963	10,000	8,100	10,320	5,666	4,576	9,998	10,006	9,994	5,672
7-8	8,786	7,150	8,303	11,032	9,993	9,987	10,002	9,985	8,798	10,003
8-9	8,970	9,994	8,901	10,521	9,997	10,001	9,990	10,001	8,974	10,009
10-11	10,070	10,001	12,100	8,423	10,003	10,000	10,000	10,000	10,075	10,028

Таблица 3.8.7

Второе наблюдение

Номера интервалов	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	10,011	10,005	7,504	12,014	9,998	10,002	10,002	10,002	10,005	9,999
2-3	10,013	10,007	6,204	11,540	10,005	10,005	10,006	10,012	10,008	10,007
4-5	10,070	10,006	7,308	10,694	10,001	10,012	4,007	5,007	10,080	10,004
5-6	9,929	9,914	7,510	9,969	10,006	10,018	10,006	10,008	9,924	10,010
6-7	9,988	10,030	8,115	10,380	5,676	4,591	10,008	10,026	9,993	5,674
7-8	8,801	7,135	8,323	11,112	9,997	9,995	10,017	10,110	8,796	9,999
8-9	8,973	9,998	8,931	10,591	10,012	10,011	10,012	9,991	8,975	10,009
10-11	10,074	10,006	12,110	8,427	10,023	10,015	0,015	9,992	10,073	10,023

Таблица 3.8.9

Третье наблюдение

Номера Интер- Валов	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	10,005	10,007	7,503	12,013	9,999	10,004	10,002	10,001	10,011	9,998
2-3	10,008	10,009	6,203	11,539	10,007	10,01	10,005	10,007	10,013	10,005
4-5	10,080	10,004	7,312	10,689	10,004	10,017	4,006	5,002	10,070	10,001
5-6	9,924	9,915	7,512	9,964	10,010	10,023	10,006	10,013	9,929	10,006
6-7	9,993	10,025	8,117	10,385	5,674	4,596	10,013	10,021	9,988	5,676
7-8	8,796	7,140	8,325	11,107	9,999	10,007	10,022	10,015	8,801	9,997
8-9	8,975	10,000	8,126	10,586	10,009	10,012	10,017	9,993	8,973	10,012
10-11	10,073	10,009	12,085	8,427	10,023	10,013	10,015	9,988	10,074	10,023

Таблица 3.8.10

Четвертое наблюдение

Номера интер- валов	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	10,006	10,012	7,506	12,014	10,000	10,005	10,003	10,003	10,001	9,995
2-3	10,006	10,011	6,204	11,541	10,007	10,011	10,004	10,007	9,998	10,001
4-5	10,075	10,002	7,314	10,699	10,001	10,022	4,005	5,002	10,050	9,996
5-6	9,929	9,919	7,516	9,969	10,009	10,018	10,004	10,010	9,899	10,000
6-7	9,994	10,040	8,120	10,375	5,672	4,601	10,012	10,014	9,963	5,666
7-8	8,798	7,132	8,328	11,102	10,003	10,007	10,020	10,000	8,786	9,993
8-9	8,974	10,000	8,931	10,601	10,009	10,016	10,014	9,989	8,970	9,997
10-11	10,075	10,011	12,082	8,427	10,028	10,016	10,016	9,985	10,070	10,003

Вертикальные деформации

Таблица 3.8.11

Первое наблюдение

Высотные Отметки	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M1	155,501	150,166	150,380	180,401	155,456	175,500	175,502	170,502	155,497	155,454
M2	155,505	150,164	150,375	180,388	155,458	175,496	175,503	170,499	155,500	155,454
M3	155,504	150,160	150,385	180,398	155,459	175,495	175,507	170,485	155,494	155,449
M4	155,500	150,210	150,370	180,395	155,455	175,496	175,499	170,501	155,470	155,443
M5	155,499	150,050	150,360	180,400	155,457	175,485	175,485	170,502	155,429	155,442
M6	155,496	150,150	150,380	180,401	155,458	175,491	175,490	170,485	155,411	155,442
M7	155,500	150,152	150,360	180,405	155,460	175,491	175,485	170,486	155,400	155,443
M8	155,507	150,181	150,380	180,395	155,462	175,490	175,490	170,501	155,392	155,442
M9	155,505	150,200	150,385	180,396	155,463	175,485	175,491	170,503	155,415	155,433
M10	155,501	150,150	150,382	180,401	155,446	175,499	175,485	170,499	155,391	155,406
M11	155,502	150,180	150,383	180,400	155,450	175,494	175,490	170,495	155,420	155,400

Таблица 3.8.12

Второе наблюдение

Высотные Отметки	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M2	155,502	150,158	150,371	180,385	155,456	175,490	175,497	170,491	155,501	155,454
M3	155,494	150,150	150,375	180,394	155,449	175,485	175,500	170,475	155,489	155,453
M4	155,480	150,190	150,359	180,375	155,443	175,466	175,496	170,451	155,495	155,447
M5	155,439	149,990	150,340	180,350	155,447	175,455	175,480	170,432	155,434	155,446
M6	155,411	150,070	150,355	180,341	155,448	175,421	175,480	170,425	155,416	155,446
M7	155,400	150,077	150,330	180,315	155,448	175,410	175,465	170,436	155,405	155,445

Окончание табл. 3.8.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M8	155,406	150,111	150,320	180,335	155,447	175,395	175,450	170,456	155,387	155,444
M9	155,425	150,134	150,310	180,341	155,443	175,399	175,451	170,453	155,415	155,438
M10	155,411	150,083	150,302	180,356	155,416	175,434	175,415	170,444	155,401	155,428
M11	155,417	150,110	150,313	180,365	155,410	175,467	175,400	170,445	155,407	155,420

Таблица 3.8.13

Третье наблюдение

Высотные Отметки	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M1	155,498	150,151	150,379	180,399	155,454	175,490	175,492	170,498	155,500	155,455
M2	155,501	150,148	150,370	180,384	155,454	175,488	175,495	170,481	155,502	155,456
M3	155,489	150,150	150,373	180,388	155,453	175,483	175,498	170,477	155,494	155,449
M4	155,495	150,185	150,362	180,370	155,447	175,471	175,494	170,446	155,480	155,443
M5	155,434	149,980	150,335	180,345	155,446	175,435	175,475	170,422	155,439	155,447
M6	155,416	150,060	150,340	180,311	155,446	175,411	175,475	170,432	155,411	155,448
M7	155,405	150,067	150,310	180,295	155,445	175,390	175,450	170,450	155,400	155,448
M8	155,387	150,125	150,300	180,315	155,444	175,375	175,430	170,450	155,406	155,447
M9	155,415	150,134	150,295	180,341	155,438	175,399	175,421	170,439	155,425	155,443
M10	155,401	150,070	150,272	180,345	155,428	175,424	175,385	170,437	155,411	155,416
M11	155,407	150,105	150,373	180,360	155,420	175,443	172,370	170,446	155,417	155,410

Таблица 3.8.14

Четвертое наблюдение

Высотные Отметки	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M1	155,497	150,146	150,378	180,391	155,454	175,985	175,492	170,496	150,166	155,456
M2	155,500	150,134	150,3369	180,376	155,454	175,476	175,491	170,486	150,164	155,458
M3	155,494	150,120	150,373	180,383	155,449	175,475	175,496	170,475	150,160	155,459

Окончание табл. 3.8.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M4	155,470	150,160	150,360	180,360	155,443	175,471	175,493	170,436	150,210	155,455
M5	155,429	149,970	150,325	180,335	155,442	175,425	175,476	170,402	150,050	155,457
M6	155,411	150,040	150,335	180,291	155,442	175,401	175,474	170,384	150,150	155,458
M7	155,400	150,062	150,305	180,291	155,443	175,380	175,445	170,406	150,152	155,460
M8	155,392	150,098	150,305	180,275	155,442	175,365	175,410	170,416	150,181	155,462
M9	155,415	150,150	150,295	180,315	155,433	175,689	175,401	170,438	150,200	155,463
M10	155,391	150,060	150,267	180,336	155,406	175,414	175,365	170,429	150,150	155,446
M11	155,420	150,085	150,273	180,336	155,400	175,433	175,360	170,427	150,180	155,450

Горизонтальные деформации по профильной линии И-I

Таблица 3.8.15

Первое наблюдение

Номера инт-в	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	20,100	20,120	20,010	20,120	20,100	20,020	20,100	20,120	20,100	20,120
2-3	19,990	20,020	19,900	20,020	20,300	20,120	20,070	20,020	19,990	20,020
3-4	20,050	20,095	20,000	20,095	20,050	20,195	20,050	20,095	19,700	20,095
4-5	19,020	19,070	20,010	20,070	20,020	20,070	20,020	20,070	19,200	19,070

Таблица 3.8.16

Второе наблюдение

Номера инт-в	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	20,120	20,100	20,010	20,150	20,080	20,030	20,130	20,190	20,140	20,020
2-3	19,995	20,030	19,950	20,030	20,240	20,220	20,170	20,030	20,080	20,010
3-4	20,040	20,050	20,100	20,075	20,070	20,295	20,150	20,065	20,000	20,075
4-5	19,010	19,090	20,030	20,052	20,020	20,170	20,070	20,170	19,800	19,050

Таблица 3.8.17

Третье наблюдение

Номера инт-в	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	20,020	20,080	20,030	20,130	20,100	20,010	20,150	20,120	20,080	20,120
2-3	20,010	20,240	20,220	20,170	20,030	19,950	20,030	19,995	20,240	19,995
3-4	20,075	20,070	20,295	20,150	20,050	20,100	20,075	20,040	20,070	20,040
4-5	19,050	20,020	20,170	20,070	19,090	20,030	20,052	19,010	20,020	19,010

Таблица 3.8.18

Четвертое наблюдение

Номера Инт-в	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-2	20,020	20,100	20,120	20,100	20,120	20,100	20,120	20,010	20,120	20,100
2-3	20,120	20,070	20,020	19,990	20,020	19,990	20,020	19,900	20,020	20,300
3-4	20,195	20,050	20,095	19,700	20,095	20,050	20,095	20,000	20,095	20,050
4-5	20,070	20,020	20,070	19,200	19,070	19,020	19,070	20,010	20,070	20,020

Вертикальные деформации по профильной линии I-I

Таблица 3.8.19

Первое наблюдение

Высотные Отметки	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R1	155,502	150,180	150,383	180,400	155,450	175,494	175,490	170,500	155,420	155,400
R2	155,522	150,080	150,483	180,420	155,550	175,484	175,590	170,495	155,430	155,415
R3	155,530	150,040	150,583	180,430	155,650	175,474	175,650	170,492	155,440	155,424

Окончание табл. 3.8.19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R4	155,532	150,000	150,683	180,440	155,750	175,464	175,730	170,485	155,460	155,436
R5	155,542	150,000	150,783	180,450	155,850	175,454	175,800	170,465	155,480	155,467

Таблица 3.8.20

Второе наблюдение

Высотные Отметки	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1	155,522	150,184	150,363	180,390	155,430	175,464	175,390	170,505	155,430	155,450
R2	155,552	150,180	150,433	180,410	155,540	175,494	175,490	170,490	155,440	155,405
R3	155,533	150,140	150,533	180,400	155,660	175,454	175,550	170,496	155,420	155,414
R4	155,539	150,100	150,613	180,420	155,760	175,484	175,630	170,495	155,410	155,406
R5	155,545	150,050	150,713	180,430	155,750	175,484	175,700	170,475	155,470	155,447

Таблица 3.8.21

Третье наблюдение

Высотные Отметки	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1	155,530	150,040	150,583	180,430	155,650	175,474	175,650	170,492	155,440	155,424
R2	155,532	150,000	150,683	180,440	155,750	175,464	175,730	170,485	155,460	155,436
R3	155,542	150,000	150,783	180,450	155,850	175,454	175,800	170,465	155,480	155,467
R4	155,522	150,184	150,363	180,390	155,430	175,464	175,390	170,505	155,430	155,450
R5	155,552	150,180	150,433	180,410	155,540	175,494	175,490	170,490	155,440	155,405

Четвертое наблюдение

Таблица 3.8.22

Высотные Отметки	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1	155,532	150,000	150,683	180,440	155,750	175,464	175,730	170,485	155,460	155,436
R2	155,542	150,000	150,783	180,450	155,850	175,454	175,800	170,465	155,480	155,467
R3	155,522	150,184	150,363	180,390	155,430	175,464	175,390	170,505	155,430	155,450
R4	155,552	150,180	150,433	180,410	155,540	175,494	175,490	170,490	155,440	155,405
R5	155,533	150,140	150,533	180,400	155,660	175,454	175,550	170,496	155,420	155,414

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Мониторинг геологической среды.
2. Провести анализ аварий, связанных с обрушением грунтов за последние 5 лет
3. Дать характеристику методов укрепления грунтов
4. Провести патентный поиск методов укрепления грунтов

Литература (1, 17, 40, 41).

Тема 9. Защита окружающей среды от воздействия шума

Задания для практической части

Мониторинг шумового воздействия транспорта на окружающую среду

Оценка шумового воздействия транспорта на окружающую среду производится при наличии в зоне влияния дороги мест, чувствительных к шумовому воздействию: селитебных территорий, населенных пунктов, санаторно-курортных зон и других мест, обусловленных заданием на проектирование.

Оценку шума производят по величине эквивалентного уровня.

Величина эквивалентного уровня транспортного шума зависит от:

- транспортных факторов:
 - интенсивности движения;
 - состава движения;
 - состояния транспортных средств;
 - объема и характера грузов;
- дорожных факторов:
 - продольного профиля;
 - наличия и типа пересечений и примыканий;
 - вида покрытия, шероховатости;
 - ровности покрытия;
 - поперечного профиля, наличия насыпей и выемок;
 - числа полос движения;
 - наличия разделительной полосы;
 - наличия остановочных пунктов для транспорта;

- природных факторов:
 - атмосферного давления и осадков;
 - температуры и влажности воздуха;
 - скорости и направления ветра.

Прогнозирование эквивалентного уровня шума $L_{ТРП}$ на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения производится по формуле

$$L_{ТРП} = 50 + 8,8 \lg N + F, \quad (3.9.1)$$

где N – расчетная часовая интенсивность на 20 год, авт./ч; F – фоновый уровень шума, принимается по данным Санэпиднадзора.

Эквивалентный уровень шума в придорожной полосе определяется по формуле

$$L_{ЭКВ} = L_{ТРП} + \Delta L_V + \Delta L_i + \Delta L_d + \Delta L_K + \Delta L_L \cdot K_P + F, \quad (3.9.2)$$

где $L_{ТРП} + \Delta L_V$ – поправка на скорость движения, вычисляется по табл. 3.9.1; ΔL_i – поправка на продольный уклон, принимается по табл. 3.9.2; ΔL_d – поправка на вид покрытия, по табл. 3.9.3; ΔL_K – поправка на состав движения, по табл. 3.9.4; ΔL_L – величина снижения уровня шума в зависимости от расстояния от крайней полосы движения L , м, принимается по табл. 3.9.5; K_P – коэффициент, учитывающий тип поверхности между дорогой и точкой измерения, принимается по табл. 3.9.6.

Таблица 3.9.1

Значения величины $L_{ТРП} + \Delta L_V$

Интенсивность движения N , авт./ч	Значения $L_{ТРП} + \Delta L_V$ в зависимости от скорости движения, дБА				
	30	40	50	60	70
50	63,5	65,0	66,5	68,0	69,5
100	66,5	68,0	69,5	71,0	72,5
230	69,5	71,0	72,5	74,0	75,5
500	72,5	74,0	75,5	77,0	78,5
880	75,5	76,0	77,5	79,0	80,5
1 650	76,5	78,0	79,5	81,0	82,5
3 000	78,5	80,0	81,5	83,0	84,5

Таблица 3.9.2

Значение поправок на продольный уклон ΔL_i

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

Таблица 3.9.3

Значение поправки на вид покрытия ΔL_d

Вид покрытия	Величина поправки ΔL_d , дБА
Литой и песчаный асфальтобетон	0
Мелкозернистый асфальтобетон	- 1,5
Черный щебень	+ 1,0
Цементобетон	+ 2,0
Мостовая	+ 3,0

Таблица 3.9.4

Величина поправки на состав движения ΔL_K

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

Таблица 3.9.5

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

Расстояние L , м	Величина поправки ΔL_L , дБА				
	Число полос движения				
	2	4		6	
		Ширина раздельной полосы			
	5	12	5	12	
1	2	3	4	5	6
25	4,6	3,6	3,4	3,2	3,0
50	7,5	6,1	5,7	5,5	5,2
75	9,2	7,7	7,2	7,1	6,7
100	10,4	8,8	8,4	8,1	7,7
150	12,2	10,5	10,0	9,7	9,3
250	14,4	12,2	11,6	11,4	11,0
300	15,2	13,4	12,8	12,6	12,1

Окончание табл. 3.9.5

1	2	3	4	5	6
300	15,2	13,4	12,8	12,6	12,1
400	16,4	14,6	14,0	13,8	13,3
500	17,4	15,6	15,0	14,7	14,3
625	18,3	16,5	15,9	15,7	15,2
750	19,1	17,3	16,7	16,5	16,0
875	19,8	18,0	17,4	17,1	16,4
1 000	20,4	18,5	18,2	17,7	17,2

Таблица 3.9.6

Коэффициенты, учитывающие тип поверхности
между дорогой и точкой замера K_p

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

Полученные величины эквивалентного уровня шума не должны превышать для конкретных условий предельных величин, установленных санитарными нормами, приведенными в табл. 3.9.7.

Таблица 3.9.7

Предельно допустимые уровни шума

Характер территории	Предельно допустимые уровни шума, дБА	
	с 23 до 7 ч	с 7 до 23 ч
Селитебные зоны населенных мест	45	60
Промышленные территории	55	65
Зоны массового отдыха и туризма	35	50
Санаторно-курортные зоны	30	40
Территории с/х назначения	45	50
Территории заповедников и заказников	До 30	До 35

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

$$L = L_{ЭКВ} - \Delta L_B - \Delta L_Z, \quad (3.9.3)$$

где $L_{ЭКВ}$ – эквивалентный уровень шума, определяемый по формуле (3.9.2); ΔL_B – величина снижения уровня шума различными типами

зеленых насаждений, принимается по табл. 3.9.8; ΔL_Z – величина снижения уровня шума в зависимости от высоты и положения экрана, определяется по формуле

$$\Delta L_Z = \Delta L_{A \text{ЭКР} \alpha} + \Delta L_d \quad (3.9.4)$$

где ΔL_d – величина поправки (табл. 3.9.9).

Таблица 3.9.8

Величины снижения уровня шума
различными типами зеленых насаждений

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

Таблица 3.9.9

Величина поправки ΔL_d

$\Delta L_{A \text{ЭКР} \alpha 1} - \Delta L_{A \text{ЭКР} \alpha 2}$	0	2	4	8	12	16	20
Поправка ΔL_d	0	0,8	1,5	2,4	2,8	2,9	3,0

Если полученные величины превышают предельные, необходимо применять мероприятия и сооружения по снижению уровня шума:

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

Предварительно находится величина $\Delta L_{A \text{ЭКР} \beta}$:

$$\Delta L_{A \text{ЭКР} \beta} = 18,2 + 7,8 \lg (a + b - c + 0,02), \quad (3.9.5)$$

где a , b , c выбираются в соответствии с рис. 3.9.1

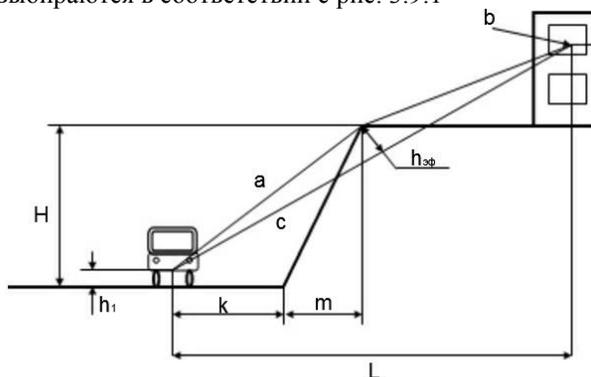


Рис. 3.9.1. Расчетная схема

$$a^2 = (k + m)^2 + (H - h_1)^2; \quad b^2 = h_2^2 + [L - (k + m)]^2;$$

$$c^2 = L^2 + [(H - h_1) + h_2]^2 \quad (3.9.6)$$

$$h_{\text{ЭКР}} = \frac{L(H - h_1) - (k + m)(H - h_1 + h_2)}{\sqrt{L^2 + (H - h_1 + h_2)^2}}. \quad (3.9.7)$$

Высота источника шума над поверхностью покрытия для легкового автомобиля принимается $h_1 = 0,4$ м, для грузового – $h_1 = 1,0$.

Величину снижения уровня шума можно определить и по табл. 3.9.10.

Таблица 3.9.10

Величина $\Delta L_{A \text{ЭКР} \beta}$

Разность путей прохождения звука $a+b+c$, м	0,02	0,06	0,14	0,28	0,48	1,40	2,40
Снижение уровня звука $\Delta L_{A \text{ЭКР} \beta}$, БА	8	10	12	14	16	20	22

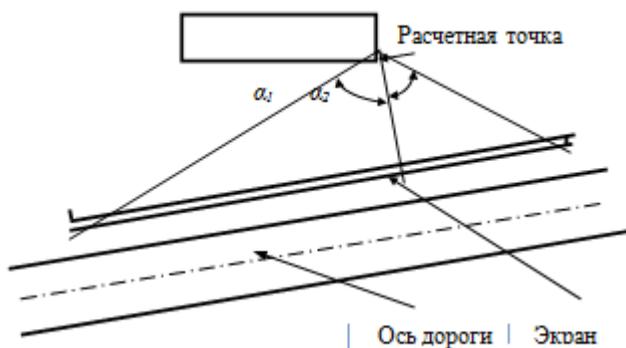


Рис. 3.9.2. Схема расчета длины противозумового экрана

Снижение уровня шума в зависимости от положения экрана в плане (рис. 3.9.2) производится по табл. 3.9.11

Таблица 3.9.11

Снижение уровня шума, дБА

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

Расстояние между растениями следует принимать в соответствии с табл. 3.9.12

При проектировании шумозащитных посадок следует стремиться получить в сечении общего контура форму треугольника с более полой стороной к источнику шума. Ряды в широких полосах рекомендуется располагать в следующей последовательности от источника шума: 1 – низкий кустарник; 2 – высокий кустарник; 3 – дополнительные древесные породы (подлесок); 4 – 7 – ряды основных пород; 8 – дополнительные породы; 9 – высокий кустарник.

Таблица 3.9.12

Расстояние между растениями в шумозащитных посадках

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

На рис. 3.9.3 показан пример конструктивного решения шумозащитных экранов – валов.

При проектировании шумозащитных полос на снегозаносимых участках дороги следует сохранять минимальное расстояние между земляным полотном и посадками. При конструировании шумозащитных ограждений следует учитывать эстетические требования, безопасность движения, условия строительства и эксплуатации дороги.



Рис. 3.9.3. Пример конструктивного решения по защите от транспортного шума

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы (табл. 3.9.13)
2. Требуется обеспечить допустимый уровень шума в населенном пункте

Таблица 3.9.13

№ – номер варианта	Расстояние от населенного пункта до оси движения, м	Высота от поверхности дороги, м	Интенсивность движения по дороге, авт/сут	Средняя скорость потока, км/ч	Продольный уклон дороги, %	Характеристика прилегающей территории	Характеристика дорожного покрытия	Характеристика населенного пункта
1.	25	10	50	30	20	Вспаханная поверхность	асфальт	Селитебные зоны населенных мест
2.	50	15	100	40	40	Цементобетон	цементобетон	Промышленные территории
3.	100	5	230	50	60	Зеленый газон	асфальт	Зоны массового отдыха и туризма
4.	150	2	500	60	20	Снег рыхлый	цементобетон	Санаторно-курортные зоны
5.	200	4	880	70	40	Вспаханная поверхность	асфальт	Территории с/х назначения
6.	250	8	1 650	30	60	Асфальтобетон	цементобетон	Территории заводчиков и заказчиков
7.	300	10	3 000	40	20	Зеленый газон	асфальт	Селитебные зоны населенных мест
8.	400	2	50	50	40	Снег рыхлый	цементобетон	Промышленные территории
9.	500	0,5	100	60	60	Вспаханная поверхность	асфальт	Зоны массового отдыха и туризма
10.	625	10	230	70	20	Цементобетон	цементобетон	

Задание для графической части работы

Графическая часть работы должна содержать графическое отражение конструктивного решения по защите населенного пункта от транспортного шума

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Характеристика воздействия шума на окружающую среду и человека.
2. Мониторинг транспортных систем;
3. Рекомендации для проектирования природоохранных мероприятий, обеспечивающих соблюдение действующих нормативов природопользования и требований по защите окружающей среды.

Литература (1, 5-7, 13, 14, 28, 31, 32, 37, 38)

Тема 10. Проектирование искусственного освещения

Задание для практической части

Расчет и проектирование искусственного наружного освещения и освещения производственного освещения

Расчет наружного освещения светильниками может быть произведен: точечным методом и методом коэффициента использования. Выбор метода расчета наружной осветительной установки зависит от того, какая освещенность нормируется: средняя или минимальная. Рассмотрим методику расчета уличного освещения по средней освещенности методом коэффициента использования.

1. Выбор высоты и расположения светильников. Для ограничения слепящего действия установок наружного освещения на площадках промышленных предприятий и местах работ, проводимых вне зданий, высота установки светильников согласно СНиП 23-05-95 выбирается:

а) для светильников с защитным углом до 15° – не менее значений, указанных в табл.3.10.1;

Таблица 3.10.1

Высота установки светильников с защитным углом до 15°

Светораспределение светильников	Наибольший световой поток в светильниках, установленных на одной опоре, лм	Наименьшая высота установки светильников, м	
		при лампах накаливания	при разрядных лампах
1	2	3	4
Полуширокое	Менее 5000	6,5	7,0
	От 5000 до 10000	7,0	7,5
	Свыше 10000 до 20000	7,5	8,0
	Свыше 20000 до 30000	–	9,0
	Свыше 30000 до 40000	–	10,0
Широкое	Свыше 40000	–	11,5
	Менее 5000	7,0	7,5
	От 5000 до 10000	8,0	8,5
	Свыше 10000 до 20000	9,0	9,5
	Свыше 20000 до 30000	–	10,5
	Свыше 30000 до 40000	–	11,5
	Свыше 40000	–	13,0

б) для светильников с защитным углом, равным и большим 15° , – не менее 3,5 м при любых источниках света.

Не ограничивается высота подвеса светильников с защитным углом 15° и более (или с рассеивателями из молочного стекла) на площадках для прохода людей или обслуживания технологического оборудования.

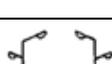
Венчающие светильники рассеянного света устанавливаются на высоте не менее 3 м над землей при световом потоке источника до 6000 лм и на высоте не менее 4 м при световом потоке источника свыше 6000 лм.

Высота установки светильников выбирается также с учетом высоты типовых опор (в свою очередь при воздушных сетях определяемой допустимым приближением проводов к земле) и экономических соображений, часто оправдывающих увеличение высоты. Обычная высота установки светильников 6–10 м. Рекомендации по выбору системы расположения светильников приведены в табл. 3.10.2.

Расстояние между светильниками выбранного типа определяется расчетом, при котором чаще всего задаются мощностью ламп и определяют пролет. Из нескольких возможных вариантов выбираются наиболее выгодные с учетом требований к качеству освещения.

Таблица 3.10.2

К выбору системы расположения светильников

№ п/п	Наименование схемы	Схема	Ширина проезжей части, м	Способы установки осветительных приборов
1	2	3	4	5
1	Односторонняя		12	на опорах с одной стороны проезжей части
2	Двухрядная в шахматном порядке		24	на опорах с двух сторон проезжей части в шахматном порядке
3	Двухрядная прямоугольная		48	на опорах с двух сторон проезжей части в прямоугольном порядке
4	Осевая		18	на тросах по оси улицы или дороги
5	Двухрядная прямоугольная по оси движения		60	на тросах по оси движения в прямоугольном порядке
6	Двухрядная прямоугольная по оси улицы или дороги		24	на опорах, установленных по разделительной полосе проезжей части улиц или дорог
7	Четырехугольная в шахматном или прямоугольном порядке		48–100	на опорах с двух сторон проезжей части в шахматном или прямоугольном порядке
8	Смешанная в шахматном или прямоугольном порядке		24	на опорах или стенах зданий с двух сторон проезжей части в шахматном порядке. Расстояние от проекций осветительных приборов до освещаемой рабочей поверхности больше 6 м

2. Расчет по средней освещенности. В зависимости от того, какая средняя величина устанавливается нормами: яркость дорожного покрытия (L_{cp}) или освещенность (E_{cp}), – используются те или иные формулы расчета методом коэффициента использования.

В общем случае, когда расчетная точка освещается одновременно светильниками, расположенными в несколько рядов, причем на каждой опоре (точке подвеса) может быть расположено n светильников, расчет производится по формулам

- при нормированной средней освещенности

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{\pi D b K_3} \sum_{i=1}^M U_{Ei} \Phi_{\text{ли}} N_i, \quad (3.10.1)$$

- при средней яркости дорожного покрытия

$$L_{\text{ср}} = \frac{1}{\pi D b K_3} \sum_{i=1}^M U_{Li} \Phi_{\text{ли}} N_i, \quad (3.10.2)$$

где D – шаг светильников (расстояние между проекциями места установки светильников на горизонтальную плоскость), м; b – ширина освещаемой площади, м; K_3 – коэффициент запаса; U_{Ei} , U_{Li} – коэффициенты использования светового потока по освещенности и по яркости для i -го ряда светильников; $\Phi_{\text{ли}}$ – световой поток светильника i -го ряда, лм; N_i – число светильников на одной опоре, относящихся к i -му ряду; M – число рядов светильников вдоль освещаемой полосы (каждый ряд должен состоять из однотипных светильников, одинаково ориентированных относительно освещаемого участка).

Коэффициент запаса при светильниках с лампами накаливания принимается равным 1,3, а с разрядными лампами – 1,5.

Коэффициент использования зависит от расположения светильников на освещаемой полосе (рис. 3.10.1, a) и определяется из табл. 3.10.3 и 3.10.4 по значению отношения b/h .

На рис. 1.10.1, a приведены три варианта расположения светильников относительно освещаемой площадки:

– когда светильники размещены над освещаемой полосой, коэффициенты использования $U = U_1 + U_2$ (для симметричного расположения $U = 2U_1 = 2U_2$);

– при расположении светильников вне освещаемой площадки $U = U_1 - U_2$, где U_1 и U_2 определяются соответственно по табл. 3.10.3 (U_L) и 3.10.4 (U_E).

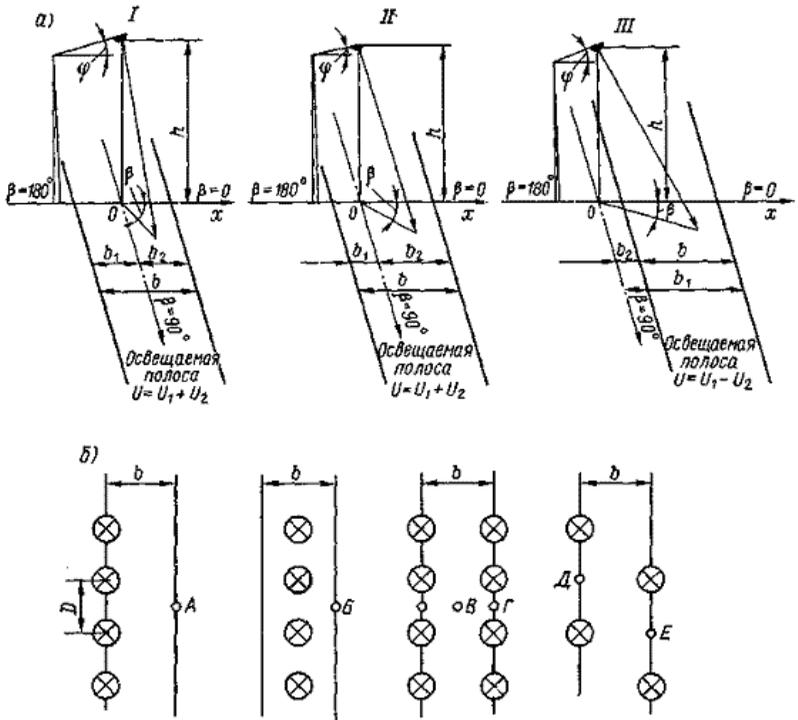


Рис. 3.10.1. Расположение светильников относительно освещаемой поверхности:

a – к определению коэффициента использования; *б* – расположение точек минимальной освещенности (А, Б, В, Г, Д)

Таблица 3.10.3

Коэффициент использования светового потока U_L при расчете освещенности по средней яркости дорожного покрытия

Тип светильника, дорожное покрытие	Угол наклона светильника φ , град.	Угол β , град.	Коэффициент использования U_L при отношениях ширины расчетной полосы к высоте установки светильников b/h , равном					
			0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РКУ01-125-008 гладкое	+ 15 - 15	0 180	0,041 0,036	0,063 0,053	0,075 0,057	0,082 0,059	0,086 0,059	0,088 0,059

Окончание табл. 3.10.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
РКУ01-250-007 Гладкое	+ 15	0	0,046	0,07	0,078	0,083	0,087	0,089
	- 15	180	0,033	0,043	0,047	0,047	0,047	0,047
	+ 30	0	0,041	0,07	0,081	0,09	0,095	0,099
	- 30	180	0,022	0,027	0,027	0,027	0,028	0,028
шероховатое	+ 15	0	0,044	0,065	0,073	0,077	0,081	0,082
	- 15	180	0,032	0,041	0,043	0,044	0,045	0,045
	+ 30	0	0,039	0,064	0,076	0,082	0,089	0,091
	- 30	180	0,021	0,025	0,026	0,026	0,027	0,027
РКУ01-400-006 Гладкое	+ 15	0	0,045	0,07	0,079	0,085	0,091	0,093
	- 15	180	0,035	0,048	0,05	0,051	0,051	0,051
	+ 30	0	0,041	0,07	0,082	0,09	0,098	0,102
	- 30	180	0,026	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031
шероховатое	+ 15	0	0,04	0,061	0,069	0,075	0,08	0,082
	- 15	180	0,032	0,044	0,047	0,047	0,048	0,048
	+ 30	0	0,037	0,06	0,071	0,078	0,085	0,088
	- 30	180	0,025	0,033	0,03	0,03	0,03	0,03
ЖКУ02-250-003 Гладкое	+ 15	0	0,055	0,086	0,095	0,1	0,105	0,106
	- 15	180	0,041	0,054	0,057	0,058	0,059	0,059
	+ 30	0	0,049	0,085	0,099	0,107	0,114	0,117
	- 30	180	0,028	0,035	0,036	0,036	0,036	0,036
шероховатое	+ 15	0	0,045	0,065	0,073	0,077	0,081	0,083
	- 15	180	0,033	0,042	0,045	0,046	0,046	0,046
	+ 30	0	0,04	0,065	0,076	0,082	0,088	0,091
	- 30	180	0,022	0,027	0,028	0,028	0,029	0,029
ЖКУ02-400-001 Гладкое	+ 15	0	0,053	0,082	0,092	0,097	0,102	0,104
	- 15	180	0,04	0,055	0,058	0,059	0,059	0,059
	+ 30	0	0,047	0,082	0,096	0,103	0,11	0,114
	- 30	180	0,028	0,036	0,037	0,037	0,037	0,037
шероховатое	+ 15	0	0,043	0,063	0,071	0,075	0,079	0,081
	- 15	180	0,032	0,042	0,045	0,046	0,047	0,047
	+ 30	0	0,039	0,063	0,073	0,08	0,086	0,088
	- 30	180	0,023	0,028	0,029	0,03	0,03	0,03
ЖКУ02-400-002 Гладкое	+ 15	0	0,056	0,086	0,096	0,102	0,107	0,109
	- 15	180	0,041	0,054	0,057	0,058	0,059	0,059
	+ 30	0	0,05	0,085	0,098	0,107	0,116	0,119
	- 30	180	0,028	0,033	0,034	0,034	0,035	0,035
шероховатое	+ 15	0	0,045	0,07	0,079	0,084	0,088	0,09
	- 15	180	0,035	0,045	0,048	0,049	0,049	0,049
	+ 30	0	0,043	0,07	0,081	0,087	0,095	0,098
	- 30	180	0,024	0,029	0,03	0,03	0,03	0,03
СЗПР-250-С	-	-	0,032	0,056	0,074	0,088	0,108	0,118
СЗПР-250-Ц	-	-	0,032	0,056	0,074	0,088	0,103	0,109
СЗПР-250-Б	-	0	0,028	0,053	0,074	0,09	0,106	0,112
	-	180	0,022	0,046	0,06	0,07	0,079	0,085

Таблица 3.10.4

Коэффициент использования светового потока U_E при расчете освещенности по средней нормируемой освещенности

Тип светильника	Угол наклона светильника φ , град.	Угол β , град.	Коэффициент использования U_E при отношениях ширины расчетной полосы к высоте установки светильников b/h , равном					
			0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
			4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РГУ01-125/С53-2	0	0; 180	0,081	0,137	0,163	0,184	0,203	0,214
РГУ02-250-08	0	0; 180	0,041	0,075	0,094	0,11	0,126	0,135
РКУ01-125-008 гладкое	+ 15	0	0,154	0,259	0,308	0,343	0,376	0,394
	- 15	180	0,14	0,223	0,25	0,261	0,266	0,266
РКУ01-250-007	+ 15	0	0,208	0,342	0,372	0,431	0,462	0,472
	- 15	180	0,165	0,225	0,26	0,248	0,25	0,25
	+ 30	0	0,201	0,32	0,384	0,479	0,515	0,553
	- 30	180	0,11	0,169	0,17	0,147	0,149	0,152
РКУ01-400-006	+ 15	0	0,195	0,319	0,079	0,408	0,44	0,454
	- 15	180	0,161	0,241	0,05	0,265	0,267	0,267
	+ 30	0	0,181	0,07	0,082	0,428	0,469	0,49
	- 30	180	0,132	0,032	0,031	0,171	0,173	0,173
ЖКУ02-250-003	+ 15	0	0,193	0,305	0,346	0,37	0,387	0,401
	- 15	180	0,136	0,189	0,207	0,216	0,219	0,219
	+ 30	0	0,171	0,307	0,366	0,402	0,432	0,446
	- 30	180	0,093	0,126	0,131	0,132	0,134	0,136
ЖКУ02-400-001	+ 15	0	0,191	0,298	0,34	0,366	0,102	0,397
	- 15	180	0,134	0,189	0,208	0,217	0,221	0,227
	+ 30	0	0,166	0,3	0,357	0,393	0,424	0,437
	- 30	180	0,095	0,130	0,136	0,137	0,14	0,142
ЖКУ02-400-002	+ 15	0	0,224	0,35	0,398	0,426	0,45	0,46
	- 15	180	0,155	0,215	0,233	0,242	0,245	0,245
	+ 30	0	0,195	0,352	0,418	0,459	0,459	0,512
	- 30	180	0,108	0,141	0,146	0,147	0,149	0,151
СЗПР-250-Ц	-	-	0,093	0,157	0,224	0,25	0,262	0,271
СЗПР-250-Б	-	0	0,094	0,159	0,218	0,256	0,270	0,279
	-	180	0,088	0,149	0,217	0,244	0,256	0,292

Для несимметричных светильников в табл. 3.10.3 и табл. 3.10.4 приведены коэффициенты использования основного потока в направлении $\beta = 0$ и потока, направленного в противоположную сторону ($\beta = 180^\circ$).

Расчет освещенности, если уже заданы условия установки светильников (тип опор, способ и высота подвеса), сводится к определе-

нию шага светильников (часто в литературе встречаются синонимы: расстояние между опорами, пролет, длина пролета и т.д.) и выбору их числа.

Для определения шага светильников одного ряда формулы (3.10.1) и (3.10.2) записываются в виде:

$$D = \frac{\Phi_{\text{л}} U_E N}{E_{\text{ср}} K_3 b}; \quad (3.10.3)$$

$$D = \frac{\Phi_{\text{л}} U_L N}{\pi L_{\text{ср}} K_3 b}. \quad (3.10.4)$$

Необходимое число светильников N , расположенных равномерно по периметру больших площадей, рассчитывается по формуле

$$N = \frac{E_{\text{ср}} S K_3}{U_E \Phi_{\text{л}}}, \quad (3.10.5)$$

где S – площадь освещаемой территории, м^2 .

Коэффициент использования U_E в этом случае определяется по отношению $b/h = 4 \div 5$.

Проектирование наружного освещения включает в себя:

1. Определение шага светильников по формулам 3.10.3, 3.10.4
2. Выбор числа светильников по формуле 3.10.5.

Проектирование искусственного освещения помещения включает в себя следующие этапы:

1. Выбор источников света
2. Выбор типа светильников
3. Размещение осветительных приборов
4. Расчет искусственного освещения (формулы 1.7.1 – 1.7.3)

Порядок выполнения работы

1. Получить вариант выполнения работы (табл. 3.10.5, 3.10.6)
2. Рассчитать и спроектировать искусственное наружное освещение

3. Рассчитать и спроектировать производственное освещение для помещения, используя формулы 1.7.1 – 1.7.3. Система освещения – общее равномерное.

4. Расчет искусственного освещения производить по методу коэффициента использования светового потока. Выделение пыли менее 1 мг/м^3 . Коэффициенты отражения потолка, стен и пола равны $\rho_n = 50\%$, $\rho_c = 30\%$, $\rho_p = 10\%$, соответственно.

Таблица 3.10.5

Исходные данные
(проектирование наружного освещения)

№ п/п	Ширина дороги, м	Расстояние от дороги до светильника, м	Высота подвеса светильника, м	Тип светильника	Тип лампы	$E_{н}$, лк
1	2	3	4	5	6	7
1	6	1	5	РТУ02-250-08	ДРЛ 250	2
2	8	2	6	РКУ01-125-008	ДРЛ 125	2
3	10	2	8	РКУ01-250-007	ДРЛ 250	2
4	6	1	6	РКУ01-400-006	ДРЛ 125	2
5	8	2	8	ЖКУ02-250-003	ДРЛ 250	2
6	10	3	10	ЖКУ02-400-001	ДРЛ 125	2
7	6	0,5	7	ЖКУ02-400-002	ДРЛ 250	2
8	8	2	8	СЗПР-250-Ц	ДРЛ 125	2
9	10	2	10	СЗПР-250-Б	ДРЛ 250	2
10	6		6	ЖКУ02-400-001	ДРЛ 125	2

Таблица 3.10.6

Исходные данные
(проектирование искусственного освещения)

№ варианта	Высота подвеса светильника над рабочей поверхностью	Размеры помещения, м		
	$H_{св}$, м	А	В	Н
1	0,3	14	6	4
2	0,2	25	8	4
3	0,8	20	6	6
4	0,1	14	8	4
5	0,2	20	6	4
6	0,15	15	10	4
7	0,7	25	10	6
8	0,7	20	10	5
9	1,0	20	10	6
10	0,9	15	12	6

Задание для графической части работы

Графическая часть должна содержать:

1. схему расположения наружных светильников;
1. схему расположения светильников (в масштабе) в производственном помещении;
2. общий вид рекомендуемых ламп и светильников и их технические характеристики.

Вопросы для подготовки теоретической части

1. Значение производственного освещения.
2. Нормирование и контроль естественного и искусственного освещения.
3. Основные светотехнические единицы. Краткое описание источников света, светильников. Системы и виды искусственного освещения.
4. Выбор класса точности работ и определение нормативной освещенности в соответствии с заданием. Выбор и обоснование источника света и светильников.

Литература (1, 8-13, 15, 27, 30, 33, 36)

Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов/ С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др. – М.: Высш. шк., 2004. – 606 с.
2. *Бондарь, А. Г.* Планирование эксперимента в химической технологии /А. Г. Бондарь, Г.А. Статюха. – Киев: Вища школа, 1976. – 184 с.
3. *Быстров, А.С.* Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды/ А. С. Быстров. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.
4. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества / В.А.Баженов, И.Я.Булгаков, В.Ф.Василенко и др. – Л.: Химия, 1990. – 464 с.
5. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
6. ГОСТ 12.1.029-80. Средства и методы защиты от шума.
7. ГОСТ 12.1.050-86. Методы измерения шума на производстве.
8. ГОСТ 12.2.020-76. Электрооборудование взрывозащищенное. Маркировка.
9. ГОСТ 12506-81. Окна деревянные для производственных зданий. Типы, конструкция и размеры.
10. ГОСТ 12506-81. Окна деревянные для производственных зданий. Типы, конструкция и размеры.
11. ГОСТ Р 51330.19-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации электрооборудования.
12. ГОСТ Р 51330.9-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон.
13. *Девясилов, В. А.* Охрана труда: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования/ В. А. Девясилов – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. – 400 с.: ил. – (Серия «Профессиональное образование»).
14. *Евгеньев, И.Е.* Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог./ *Евгеньев И.Е. Савин В.В* –М. : Транспорт, 1989. –239 с.

15. Кнорринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения. – С.-П.: Энергоатомиздат С.-П. отделение, 1992.-448 с.
16. Конституция Российской Федерации: официальный текст. – М.: Омега – Л, 2006. – 38 с. – (Библиотека Российского законодательства).
17. *Королев, В. А.* Мониторинг геологической среды: учебник / В.А. Королев; под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.
18. *Лихачев, Н. Н.* Канализация населенных мест и промышленных предприятий/ Н. Н. Лихачев – М.: Стройиздат, 1981. – С. 24 – 40.
19. *Лопанов, А. Н.* Рациональное природопользование и экологическая экспертиза: конспект лекций/ А. Н. Лопанов – Белгород: БТИСМ, 1993. – 96 с.
20. *Манакорда, Адриано* Охрана природы при проектировании и строительстве автомобильных дорог.- СПб; Павловск, 1994. – 100 с.
21. *Медоуз, Д. Л.* Системное поведение «мания» – структура и загрязнение окружающей среды /Д. Л. Медоуз// Зеленый мир. – 1992. – № 11, 12. – С. 8 – 10.
22. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД – 86). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 93 с.
23. Методические указания по определению эколого-экономической эффективности технологических процессов и производств в дипломных проектах и работах. – М.: МХТИ, 1985. – 48 с.
24. *Налимов, В.В.* Теория эксперимента/В. В. Налимов – М.: Наука, 1971. – 284 с.
25. *Новиков, Г.В.* Санитарная охрана окружающей среды современного города / Г. В. Новиков, А. Я. Дударев. – Л.: Медицина, 1978. – 216 с.
26. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 июля 2007 года N 469 "О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей" (Собрание законодательства Российской Федерации, 2007, N 31, ст.4088)
27. Правила устройства электроустановок. М.: ЗАО «Энергосервис», 2000. -608 с.

28. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов /Министерство транспорта. Федеральный дорожный департамент. –М.,1995. –124 с.

29. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений. – М., 1988. – 64 с.

30. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

31. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

32. СНиП 23-03-2003. Защита от шума.

33. СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение.

34. СП 23-102-2003. Естественное освещение жилых и общественных зданий.

35. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий.

36. Справочная книга для проектирования электрического освещения (Под ред. Кнорринга Г.М.).-Л.: Энергия, 1976.-384 с.

37. Суворов Г. А., Денисов Э. И., Шкаринов Л. Н. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций. - М.: Медицина, 1984. - 240 с.

38. Суворов Г. А., Прокопенко Л. В., Якимова Л. Д. Шум и здоровье (эколого-гигиенические проблемы). - М: Союз, 1996. - 150 с.

39. *Тарасова, Н.П.* Экология: глобальные проблемы современности/Н. П. Тарасова //Зеленый мир. – 1992. – № 9, 10. – С. 8 – 9.

40. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 года № 116 –ФЗ// Парламентская газета – 2006. – № 2.

41. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01. 2002 года № 7-ФЗ // Российская газета – 2002. – № 6. – 12 янв.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

ЕДИНЫЕ ФОРМЫ, РАЗМЕРЫ И ПОРЯДОК ЗАПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ НАДПИСЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ И ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТАХ

Основные надписи располагают в правом нижнем углу графического или текстового документа. На листах формата А4 по ГОСТ 2.301-68 основная надпись располагается вдоль короткой нижней стороны листа (рис. 1).

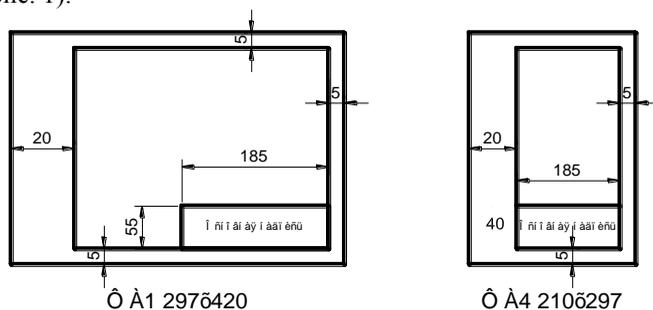


Рис. 1

Содержание, расположение и размеры граф основных надписей должны соответствовать рисунку 2 на листах чертежей; рисунку 3 - на первом листе текстового документа; рисунку 4 - на последующих листах текстовых документов.

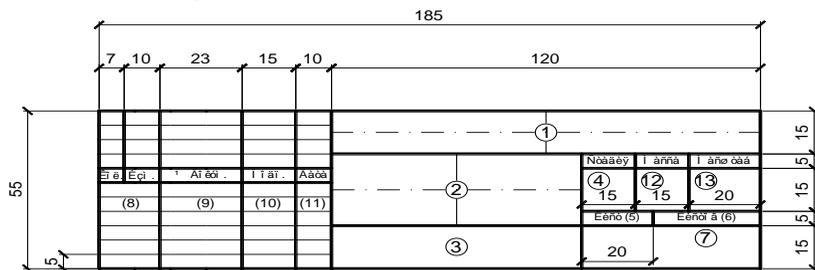


Рис. 2

Продолжение прил. А

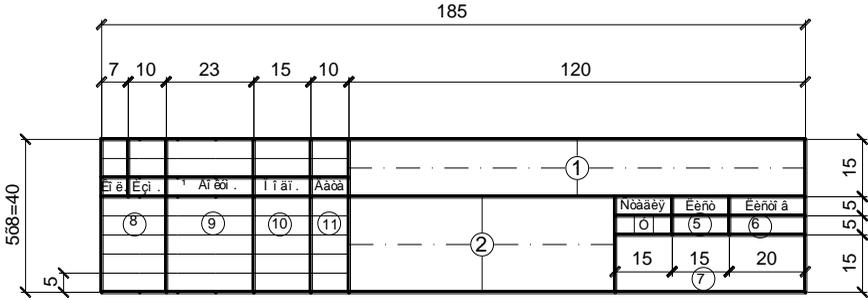


Рис. 3

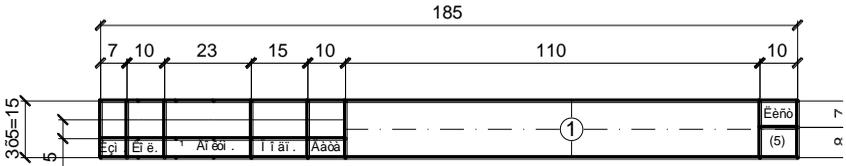


Рис. 4

Основные надписи и рамки выполняют сплошными основным и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303-68*.

В графах основных надписей (номера граф на формах показаны кружками) указывают:

в графе 1 – обозначение документа, сокращенное название вуза, институт (факультет), буквенное обозначение кафедры (БЖ), буквенное обозначение дипломного проекта (работы) (ДП (ДР)) (шрифт прописной, размер 5);

в графе 2 – название ВКР (шрифт прописной, размер 5);

в графе 3 – наименование изображения, помещенного на данном листе (шрифт прописной, размер 5);

в графе 4 – литеру «У» (учебные чертежи);

в графе 5 – порядковый номер листа (страницы текстового документа при двустороннем оформлении). На документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют;

Окончание прил. А

в графе 6 – общее количество листов документа (комплекта чертежей, пояснительной записки и т.д.). На первом листе текстового документа при двустороннем оформлении указывают общее количество страниц;

в графе 7 – полное или сокращенное наименование кафедры (шрифт строчной, размер 5);

в графе 8 – снизу вверх – «Дипломник» (для ДП), «Консультант», «Руководитель», «Нормоконтроль», «Зав. кафедрой» (шрифт строчной, размер 3,5). Графу «Нормоконтроль» подписывает преподаватель кафедры, контролирующей графическую часть курсовых и дипломных проектов на соответствие требованиям СПДС и ЕСКД;

в графах 9, 10, 11 – соответственно, фамилия, подпись, дата;

в графе 12 – расчетная масса изделия, изображенного на чертеже, в килограммах без указания единиц измерения;

в графе 13 – масштаб изображения по ГОСТ 2.302-68*.

Наименования изделий и изображений должны быть записаны в соответствии с принятой терминологией.

Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании изделия, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Кафедра безопасности жизнедеятельности

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине:

« _____ »

на тему:

« _____ »

№ зачетной книжки _____

Выполнил: студент гр. _____
Фамилия И.О.

Проверил: уч.ст., уч. звание
Фамилия И.О.