

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

**Е.А. Жидко, В.Я. Манохин**

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Сборник задач

Воронеж 2007

УДК 504 (073)  
ББК 20.18 я 7  
Ж 696

Ж 696 **Жидко, Е.А.** Практикум по безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды [Текст]: учеб. пособие для студ. строит. спец. /Е.А.Жидко, В.Я. Манохин; Воронеж. гос. арх.- строит. ун-т.- Воронеж, 2007.-127с.

Учебное пособие содержит описание основных расчетных схем, применяемых при проектировании способов защиты окружающей среды от промышленных выбросов и сбросов сточных вод, изложены инженерные решения по вопросам безопасности жизнедеятельности на производстве. Приведены варианты заданий для самостоятельной работы студентов. Предлагаемое пособие предназначено для освоения курса посредством решения практических задач.

Ил.10. Табл. 102. Библиогр.: 16 назв.

Рецензенты: кафедра Безопасности жизнедеятельности Воронежского государственного аграрного университета;  
В.Ф. Асминин - д.т.н., проф., научный руководитель научно-образовательного центра «Охрана труда и окружающей среды».

© Жидко Е.А.,  
Манохин В.Я., 2007  
© ВГАСУ, 2007

## Введение

В настоящее время влияние антропогенной деятельности столь велико, что сопоставимо с планетарным, поэтому охрана окружающей среды от загрязнения, обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности- актуальнейшие проблемы.

Одним из путей их решения является инженерная защита природных компонентов от различных видов загрязнителей, выделяющихся в технологических процессах промышленных предприятий. Поэтому необходимо разрабатывать, совершенствовать инженерно-технические средства, позволяющие снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

Системный подход к решению проблем по обеспечению безопасности жизнедеятельности на предприятиях обеспечивает комплексный учет отрицательного воздействия на организм человека совокупности вредных и опасных факторов. Правильное решение вопросов безопасности позволит свести к минимуму вероятность травмирования или заболевания работающих с одновременным обеспечением комфортных условий при максимальной производительности труда, что в свою очередь будет способствовать созданию механизмов, конструкций и технологий, безопасных для человека.

Пособие необходимо для практического выполнения основных расчетов на рабочих местах производственных помещений и на строительных площадках. Представленные в нем расчеты развивают навыки в практической реализации теоретических вопросов курсов «БЖД» и «Охрана окружающей среды».

Практикум по безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды соответствует требованиям нормативной документации, предъявляемым к учебным пособиям технических дисциплин. Оно направлено на решение практических задач в области безопасности жизнедеятельности на производстве и охране окружающей среды.

Пособие рекомендовано для всех инженерных специальностей строительного профиля, а также для оказания помощи преподавателям при решении практических задач, связанных с безопасностью на производстве и охраной окружающей среды.

# І. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## 1.1. РАСЧЕТ СТАЛЬНЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

Расчет стальных виброизоляторов производят при определении общего количества стальных виброизоляторов для виброизолирующих приспособлений.

### Задание

Определить общее количество  $n$ , шт., стальных виброизоляторов для нормальной работы двигателя массой  $Q$  (кг). В качестве виброизоляторов используются стальные пружины средним диаметром  $D$ , см, диаметром прутка  $d$ , см, высотой ненагруженной пружины  $H_0$ , см, с числом рабочих витков  $i$ . Сведений о сорте стали нет. Допустимое для пружинной стали напряжение при кручении  $\tau$  принять  $40000 \text{ Н/см}^2$ . Данные для решения приведены в табл. 1.1

Совместное влияние шума и вибрации на человека может привести к заболеваниям сердечно-сосудистой системы, расширению вен, заболеванию плечевых суставов. Вибрация оказывает разрушительное действие на машины, оборудование и конструкции. Оно выражается в понижении коэффициента полезного действия машин и механизмов, преждевременном износе деталей и опасности возникновения аварий.

Снижение вредного действия вибрации на рабочих местах достигается применением виброизоляции, виброгасящих оснований и динамических гасителей вибрации.

Виброизоляторы выполняют из стальных пружин, резины и других материалов. Применяются также комбинированные резинометаллические и пружинно-пластмассовые виброизоляторы, пневморезиновые амортизаторы и т.д.

Таблица 1.1

### Исходные данные

Вариант	$Q$ , кг	$D$ , см	$d$ , см	$H_0$ , см	$i$	$G$ , $\text{Н/см}^2$
1	14200	12	1,6	30	5,5	$8 \cdot 10^6$
2	14800	12	1,4	26,2	5,5	$8 \cdot 10^6$
3	14240	13,2	1,2	26,4	5,5	$8 \cdot 10^6$
4	15000	23	1,8	26,8	5,5	$8 \cdot 10^6$
5	14600	12	1,6	36,2	5,5	$8 \cdot 10^6$
6	14200	10,8	1,4	36,8	5,5	$8 \cdot 10^6$
7	14800	12	1,2	26	5,5	$8 \cdot 10^6$
8	15200	13,2	1,8	26,6	5,5	$8 \cdot 10^6$
9	15000	23	1,6	26,4	5,5	$8 \cdot 10^6$
10	15400	12,6	1,4	26,8	5,5	$8 \cdot 10^6$

Примечание:  $G$  ( $\text{Н/см}^2$ ) - модуль упругости на сдвиг.

Расчет производится в следующей последовательности:

1. Найдем индекс пружины:

$$C = \frac{D}{d}. \quad (1.1)$$

2. Определим жесткость одной пружины в продольном (вертикальном) направлении:

$$K'_z = \frac{Gd}{8C^3i} \text{ (Н/см)}. \quad (1.2)$$

По рис. 1.1 определим коэффициент  $K$ , учитывающий повышение напряжений в средних точках сечения прутка вследствие деформаций сдвига.

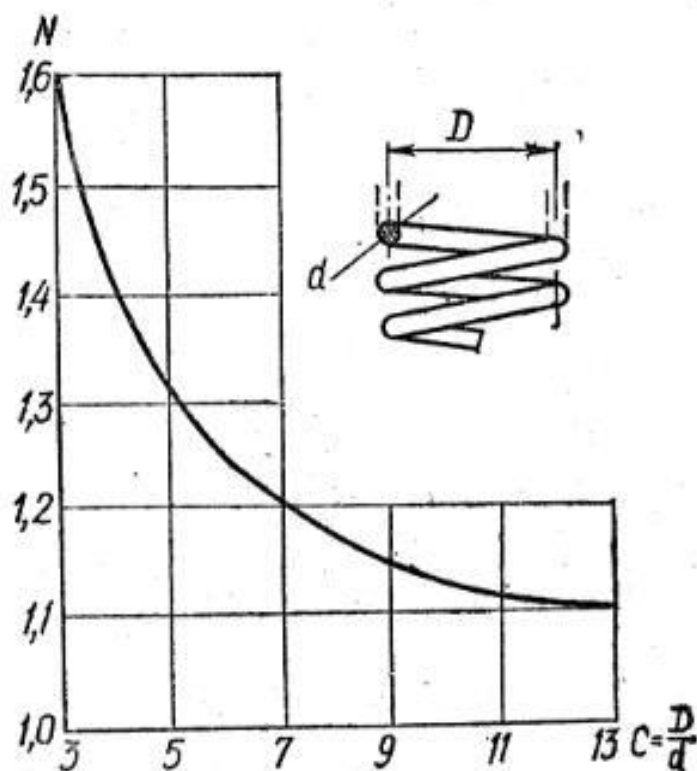


Рис. 1.1. Зависимость коэффициента  $N$  от индекса пружины  $C = D/d$

3. Определим статическую нагрузку  $P_{ст}$ :

$$P_{ст} = \frac{\pi d^3 \tau}{8KD} \text{ (Н)}. \quad (1.3)$$

Определим общее количество виброизоляторов :

$$n = \frac{Q}{P_{cm}} \text{ (шт)}. \quad (1.4)$$

4. Определим общую жесткость стальных виброизоляторов:

$$K_{zn}^1 = nK_z^1 \text{ (Н/см)}. \quad (1.5)$$

## 1.2. РАСЧЕТ РЕЗИНОВЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

Расчет резиновых виброизоляторов производят для определения общего количества резиновых виброизоляторов виброизолирующих приспособлений.

### Задание

Определить количество резиновых виброизоляторов  $n_p$  для центрифуги массой  $Q$  (кг), с вертикально возмущающей силой  $P_z$  (Н), действующей на нее. Виброизолятор изготовлен в форме куба со сторонами  $A$  (см), площадью поперечного сечения  $F$  (см<sup>2</sup>). Динамический модуль упругости  $E_g$  (Н/см<sup>2</sup>) принимаем равным 1100 Н/см<sup>2</sup>. Значение возмущающих сил необходимо уменьшить до допустимого значения силы  $P_{kz}=200$  Н.

Данные для решения приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

### Исходные данные

Варианты	Q, кг	$P_z$ , Н	A, см	F, см <sup>2</sup>	f, Гц
1	15000	10000	8	100	24
2	14240	10400	10	100	22
3	14420	8800	8	100	20
4	12460	9600	10	100	18
5	12640	9800	8	100	26
6	14200	10200	10	100	24
7	14800	10000	8	100	22
8	14600	9800	10	100	20
9	14400	10000	8	100	18
10	15000	9000	10	100	26

Примечание: f (Гц)- замеренная частота возмущающей силы.

Расчет производится в следующей последовательности:

Так как виброизолятор изготовлен в виде куба, то его  $H=A$ , должно выполняться отношение  $0,25 \leq \frac{H}{A} \leq 1,1$ .

1. Найдем жесткость одного виброизолятора в вертикальном направлении:

$$K_z = \frac{FE_g}{H - A/8}, \text{Н/см.} \quad (1.6)$$

2. Определим минимальное отношение частоты возмущающей силы к частоте собственных колебаний виброизолированного объекта по формуле

$$a_{z \min} = \sqrt{\frac{P_z + P_{kz}}{P_{kz}}}, \quad (1.7)$$

где  $P_{kz}$  - допустимое значение возмущающей силы, Н.

3. Найдем частоту собственных вертикальных колебаний виброизолятора  $f_z$  при заданном значении  $a_{z \min}$ :

$$f_z = \frac{f}{a_{z \min}} \text{ (Гц)}, \quad (1.8)$$

4. Рассчитаем максимальную общую вертикальную жесткость виброизолятора :

$$K_{z \max} = \frac{9,8 \cdot Q}{g} (2\pi f_z)^2 \text{ (Н/см)}, \quad (1.9)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения, м/с.

5. Определим количество резиновых виброизоляторов:

$$n_p = \frac{K_{z \max}}{K_z} \text{ (шт.)}. \quad (1.10)$$

6. Найдем модуль упругости на сдвиг:

$$G = \frac{E_g}{5} \text{ (Н/см}^2\text{)}. \quad (1.11)$$

7. Определим горизонтальную жесткость резинового виброизолятора:

$$K_x = K_y = \frac{FG}{H}, \text{ Н/см.} \quad (1.12)$$

### 1.3. РАСЧЕТ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ И ВИБРОГАСЯЩЕГО ОСНОВАНИЯ

Расчет виброизоляции и виброгасящего основания производят для уменьшения колебаний строительных конструкций и расположенных на них рабочих мест.

По отношению к источнику возбуждения вибрации методы коллективной защиты подразделяются на методы, снижающие параметры вибрации воздействием на источник возбуждения (изменение конструкции машин, их балансировка, изменение частоты вибрации и т. д.), и методы, снижающие параметры вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения (использование дополнительных устройств, встраиваемых в конструкцию машины или строительные конструкции и т. д.).

В инженерной практике защиту рабочих мест от вибрации в основном обеспечивают применением виброизоляции, виброгасящих оснований и динамических гасителей вибрации.

Виброизоляторы выполняют из стальных пружин, резины и других материалов. Применяются также комбинированные резинометаллические и пружинно-пластмассовые виброизоляторы, пневморезиновые амортизаторы и т. д.

Пружинные виброизоляторы обладают высокой виброизолирующей способностью и долговечностью. Их недостатком является то, что из-за небольшого внутреннего трения они плохо рассеивают энергию колебаний. Поэтому затухание колебаний машины, установленной на пружинных виброизоляторах, происходит за 15...20 периодов. Наиболее часто пружинные виброизоляторы используют для виброизоляции виброплощадок, бетономешалок, бетоноукладчиков, вентиляторов.

Резиновые виброизоляторы в отличие от пружинных обладают большим внутренним трением. Их целесообразно применять в тех случаях, когда необходимо уменьшить время затухания собственных колебаний и амплитуды колебаний в резонансных режимах.

В резиновых виброизоляторах упругий элемент может работать на сжатие или на сдвиг. Виброизоляция при работе резинового элемента на сдвиг более эффективна, чем на сжатие, так как модуль упругости резины на сдвиг значительно меньше модуля упругости на сжатие.

Наиболее простые виброизоляторы, в которых резина работает на сжатие, - это прокладки и коврики (сплошные). Они применяются для защиты от высокочастотной вибрации. Для уменьшения жесткости ковриков в их конструкции предусматривают различные пазы, выступы, отверстия и



т. п., расположенные в шахматном порядке. Вследствие этого резина начинает работать также и на сдвиг. Коврики можно устанавливать под железобетонные фундаменты, под лапы машин. Выпускают их нескольких типоразмеров, отличающихся характеристиками. Жесткость ковриков достаточно низкая, и они могут обеспечить собственную частоту от 10 Гц и выше. Их укладывают друг на друга для уменьшения жесткости или, наоборот, раскладывают параллельно при установке тяжелого оборудования, для легких машин их режут на части.

В последнее время для виброизоляции широко применяют виброизоляторы, использующие упругие свойства сжатого воздуха. Пневморезиновые виброизоляторы просты по конструкции и обладают высокими виброизолирующими свойствами. Они широко применяются в автомобильном и железнодорожном транспорте, на виброплощадках, виброгрохотах и другом виброактивном оборудовании.

### Задание

Рассчитать виброизоляцию виброплощадки и виброгасящее основание (фундамент) с обеспечением допустимых параметров вибрации рабочих мест в соответствии с [7]. Рассмотреть два варианта устройства виброизоляции: пружинные виброизоляторы (рис. 1.2 (а)) и пневморезиновые амортизаторы (рис. 1.2 (б)). Оценить эффективность этих виброизолирующих устройств. Виброплощадка с вертикально направленными колебаниями, с общим весом  $Q$  (Н), в том числе подвижных частей -  $Q_{п.ч.}$ . Амплитуда колебаний виброплатформы  $a=0,5$  мм. Максимальный кинетический момент дебалансов  $M=5200$  Н/см. Размер площадки  $A \times B$  (м).

Данные для решения приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

### Исходные данные

Вариант	A, м	B, м	Грунт на площадке (см. табл.1.4)	Q, (Н)	$Q_{п.ч.}$ ,(Н)	f, (Гц)
1	4	2,4	1.а	13860	11300	50
2	6	2,2	1.б	13000	10440	50
3	4	2,0	2.а	13680	11120	50
4	6	2,4	2.б	13400	10840	50
5	5	2,0	3.а	12860	11300	50
6	4	2,4	3.б	12680	11120	50
7	6	2,2	3.в	12400	9840	50
8	4	2,0	4.а	12000	9440	50
9	6	2,4	4.б	13860	11300	50
10	5	2,0	5.а	13680	11120	50

Примечание: f (Гц) - частота колебаний.

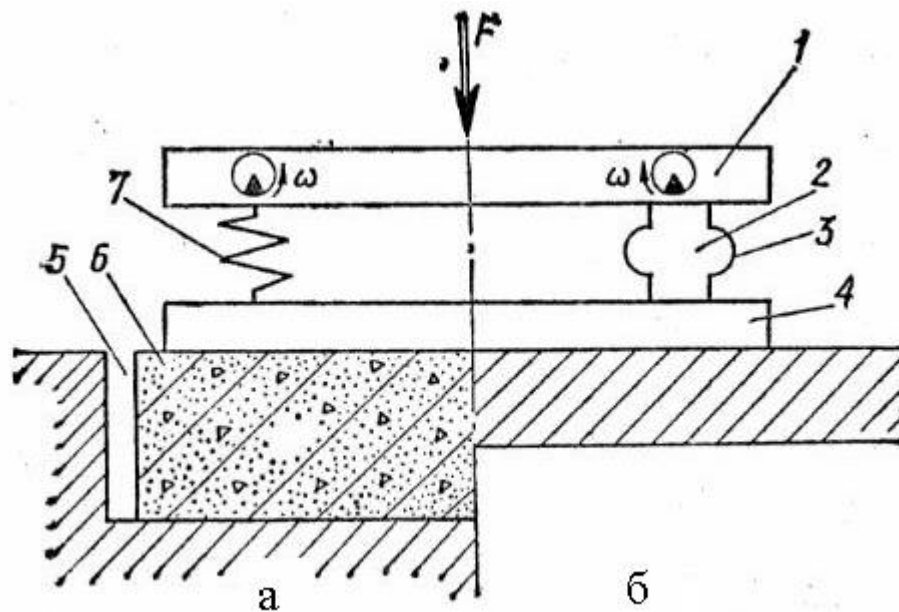


Рис. 1.2. Схема установки виброплощадки с пружинными виброизоляторами (а) и пневморезиновым амортизатором (б):  
 1-подвижная часть виброплощадки; 2-камера пневморезинового амортизатора;  
 3-резино-кордная оболочка пневморезинового амортизатора; 4-неподвижная (неподдрессорная) часть виброплощадки (основание); 5-акустический шов;  
 б- виброгасящее основание (фундамент); 7- пружинный виброизолятор

Расчет производится в следующей последовательности:

Рассмотрим вариант а (расчет виброизоляции с применением пружинных виброизоляторов).

1. Определяем динамическую силу, создаваемую дебалансами вибраторов:

$$F = \frac{M\omega^2}{g} \text{ (Н)}, \quad (1.13)$$

где  $\omega = 2\pi f$  - круговая частота вибраторов,  $\text{с}^{-1}$ ;  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

2. Определяем суммарную жесткость пружинных виброизоляторов:

$$K = \frac{Q_{н.ч.}}{\lambda_{ст.}} \text{ (Н/м)}, \quad (1.14)$$

где  $\lambda_{ст.}$  - статическая деформация виброизоляторов (при проектировании виброплощадок  $\lambda_{ст.}$  пружинных амортизаторов принимают 0,3-0,5 см).

3. Определяем собственную частоту колебаний:

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{\lambda_{cm}}} \text{ (Гц)}. \quad (1.15)$$

4. Определяем коэффициент передачи:

$$\mu = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1}. \quad (1.16)$$

5. Определяем динамическую силу, передаваемую на основание:

$$F_0 = F\mu \text{ (Н)}. \quad (1.17)$$

6. Находим минимальную площадь основания виброплощадки:

$$S_0 = \frac{Q}{R} \text{ (см}^2\text{)}, \quad (1.18)$$

где  $R$  – допустимое нормативное давление на грунт условного фундамента, Па (табл. 1.4).

7. Находим жесткость основания под виброплощадкой:

$$K_\phi = F_0 \cdot C_z \text{ (Н/м)}, \quad (1.19)$$

где  $C_z$  (Н/см<sup>3</sup>) - коэффициент упругого равномерного сжатия грунта (при  $R=1 \cdot 2 \cdot 10^5$  Па,  $C_z=20$  Н/см<sup>3</sup>;  $R=2 \cdot C_z=40$  Н/см<sup>3</sup>;  $R=3 \cdot C_z=50$  Н/см<sup>3</sup>;  $R=4 \cdot C_z=60$  Н/см<sup>3</sup>;  $R=5 \cdot C_z=70$  Н/см<sup>3</sup>).

8. Находим собственную частоту колебаний основания виброплощадки:

$$f_\phi = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_\phi}{m_0}} \text{ (Гц)}, \quad (1.20)$$

где  $m_0$ -масса изолируемого объекта:

$$m_0 = \frac{Q - Q_{н.ч.}}{g} \text{ (кг)}. \quad (1.21)$$

Таблица 1.4

**Допустимые нормативные давления на грунт,  $R \cdot 10^5$ , Па [8]**

Наименование грунта	$R, 1 \times 10^5 \text{ Па}$
1. Пески независимо от влажности: а) крупные б) средней крупности	3,5-4,5 2,5-3,5
2. Пески мелкие: а) маловлажные б) насыщенные водой	2-3 2,5-1,5
3. Пески пылеватые: а) маловлажные б) очень влажные в) насыщенные водой	2-2,5 1,5-2 1-1,5
4. Супеси при коэффициенте пористости $K$ : а) 0,5 б) 0,7	3 2
5. Суглинки при коэффициенте пористости $K$ : а) 0,5 б) 0,7 в) 1	2,5-3 1,8-2,5 1-2

9. Находим амплитуду основания виброплощадки:

$$a_{\phi} = \frac{F_0}{K_{\phi} \left( \frac{f^2}{f_{\phi}^2 - 1} \right)} \leq a_{\text{доп}} \text{ (см)}, \quad (1.22)$$

где  $a_{\text{доп}}$  - амплитуда колебаний виброплатформы мм, (табл.1.5).

Таблица 1.5

**Допустимые значения амплитуды виброперемещения [7]**

Частота гармонической составляющей, Гц	Амплитуда виброперемещения, $a_{\text{доп}}$ , мм	
	с вибрирующими установками	без вибрирующих установок
2	1,4	0,57
4	0,25	0,1
8	0,063	0,025
16	0,0282	0,0112
31,5	0,0141	0,0056
63	0,0072	0,0028

Если при применении пружинных виброизоляторов амплитуда перемещений основания превышает допустимые уровни ( $a_{\phi} \geq a_{дон}$ ), то для их снижения требуется устройство виброгасящего основания (фундамента). Рассчитаем виброгасящее основание.

10. Определяем минимальный вес фундамента, при котором колебания не будут превышать допустимые:

$$Q_{\phi} \cong 1,1 \dots 1,2 \frac{gaK}{a_{\phi}\omega^2} \text{ (Н)}. \quad (1.23)$$

11. Определяем собственную частоту колебаний фундамента:

$$f_{\phi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{\phi}}{m_{\phi}}} \text{ (Гц)}, \quad (1.24)$$

где  $m_{\phi} = \frac{Q_{\phi} - Q_0}{g}$  - масса фундамента и основания виброплощадки, кг;

$Q_0$  - вес неподвижной части(основания) виброплощадки, Н.

12. Находим амплитуду перемещений фундамента по формуле ( 1.22).

Рассмотрим вариант б (произведем расчет виброизоляции с применением пневморезиновых амортизаторов).

13. Определяем динамическую силу, создаваемую дебалансами вибраторов по формуле (1.13).

14. Определяем собственную частоту колебаний виброплощадки, установленной на пневморезиновые амортизаторы [8]:

$$f_o = \frac{S}{2\pi} \sqrt{\frac{hP_o}{m_{н.ч.}}} \text{ (Гц)}, \quad (1.25)$$

где  $h=1,41$  - показатель политропы;  $P_o$  - рабочее давление в пневморезиновом амортизаторе,  $P_o=60 \times 10^4$  Па;  $S=Q_{п.ч.}/P_o$  (см<sup>2</sup>) - суммарная эффективная площадь установленных пневморезиновых амортизаторов.

15. Определяем коэффициент передачи пневморезиновых амортизаторов по формуле (1.16).

16. Определяем динамическую силу, передаваемую на основание, по формуле (1.17).

17. Рассчитываем амплитуду перемещений основания виброплощадки:

$$a_{\phi} = \frac{F_0}{K_{\phi} \left( \frac{f^2}{f_0^2 - 1} \right)} < a_{\text{доп}} \text{ (см)}. \quad (1.26)$$

#### 1.4. РАСЧЕТ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА

Расчет производят для того, чтобы подобрать средства для защиты рабочего места оператора от колеблющегося основания, т.е от действия машины.

##### Задание

Рассчитать виброизоляцию рабочего места оператора с обеспечением допустимых параметров вибрации. Рабочее место находится на виброизолированной железобетонной плите (на рабочем месте находится только один оператор) размерами АхВхС (м), весом Q<sub>п</sub> (Н). Виброскорость рабочего места оператора на заданной частоте (f=63 Гц) равна V, м/с; Рассмотреть два устройства виброизоляции: с использованием металлических пружин и резиновых виброизоляторов. Принимаем за сечение виброизолятора квадрат со стороной а, см.

Данные для решения приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

##### Исходные данные

Вариант	А, м	В, м	С, м	Q <sub>ч</sub> , Н	Q <sub>п</sub> , Н	D, см	d, см	а, см	V, м/с;	Марка резины
1	1,5	1,0	0,1	70	3300	5,11	0,73	5,8	0,08	1
2	1,8	1,2	0,2	80	2800	5	0,6	5,6	0,08	2
3	1,6	1,2	0,2	75	2600	8	0,85	5,4	0,08	3
4	1,5	1,2	0,1	85	2860	9	0,9	5,0	0,08	4
5	1,8	1,0	0,2	90	3000	6	0,65	5,8	0,08	5
6	1,5	1,0	0,1	95	3200	7	0,65	5,6	0,08	6
7	1,8	1,2	0,2	78	3160	8	0,75	5,4	0,08	7
8	1,6	1,2	0,2	88	3100	7	0,7	5,0	0,08	8
9	1,5	1,2	0,1	82	2840	5	0,73	5,8	0,08	9
10	1,8	1,0	0,2	85	2820	6	0,65	5,6	0,08	10

Виброизолированное рабочее место, как правило, представляет собой массивную железобетонную плиту, установленную на виброизоляторы, опирающиеся на колеблющееся основание.

Расчет производится в следующей последовательности:

1. Определяем по ГОСТу [7] допустимую для частоты вынужденных (заданных - 63 Гц) колебаний виброскорость рабочего места ( $V_{доп}=0,002$  м/с).

2. Рассчитываем общий вес виброизолированного рабочего места оператора:

$$Q=Q_ч+Q_п \text{ (Н)}, \quad (1.27)$$

где  $Q_ч$  - вес оператора (для расчета принимается  $Q_ч+10$  кг), Н;

3. Определяем необходимый для данной системы виброизоляции коэффициент передачи:

$$\mu = \frac{V_{доп}}{V}. \quad (1.28)$$

4. Определяем частоту собственных колебаний виброизолированного рабочего места:

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{1/\mu - 1}} \text{ (Гц)}. \quad (1.29)$$

Произведем расчет виброизоляции с применением *пружинных виброизоляторов*

5. Определяем статическую деформацию пружинных виброизоляторов формуле

$$\lambda_{ст} = \sqrt{5/f_0} \text{ (см)}. \quad (1.30)$$

6. Находим требуемую жесткость пружинных виброизоляторов:

$$K_c = \frac{Q}{\lambda_{ст}} \text{ (Н/м)}. \quad (1.31)$$

Учитывая необходимость обеспечения продольной устойчивости плиты, выбираем количество устанавливаемых пружин  $n_п=4$ .

7. Определяем жесткость одного виброизолятора:

$$K_n = \frac{K_c}{n_n} \text{ (Н/м)}. \quad (1.32)$$

8. Определяем расчетную нагрузку на одну пружину:

$$P = \frac{Q_n}{n_n} \text{ (Н)}. \quad (1.33)$$

9. Подбираем диаметр проволоки для изготовления пружины:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{NPC}{\tau}} \text{ (см)}, \quad (1.34)$$

где  $N$  - коэффициент, определяемый по графику (рис. 1.1);  $C=D/d$  - отношение диаметра пружины к диаметру проволоки;  $\tau$  - допускаемое напряжение на срез (для пружинной стали  $\approx 3 \dots 4,5 \times 10^8$  Н/см).

10. Определяем число рабочих витков пружины:

$$i_1 = \frac{\sigma d}{8K_n C^3} \text{ (витка)}, \quad (1.35)$$

где  $\sigma$  - модуль упругости на сдвиг (для стали  $8 \times 10^{10}$  Па).

Число нерабочих витков при  $i_1 < 7$  принимают  $i_2 = 1,5$  витка на оба торца пружины, а при  $i_1 > 7$  принимают  $i_2 = 2,5$  витка.

11. Определяем полное число витков пружины:

$$i = i_1 + i_2. \quad (1.36)$$

12. Находим высоту ненагруженной пружины:

$$H_0 = i_1 + h_1 + (i_2 + 0,5) \cdot d \text{ (см)}, \quad (1.37)$$

где  $h_1 = 0,3D$  (см).

13. Определяем шаг пружины:

$$X = C \cdot d \text{ (см)}. \quad (1.38)$$



Для обеспечения устойчивости пружин, работающих на сжатие, необходимо, чтобы  $H_0/H < 1,5$ , т.е. продольная устойчивость виброизолированной плиты была обеспечена.

Произведем расчет виброизоляции с применением *резиновых виброизоляторов*

Для виброизоляции рабочего места оператора принимаем 4 резиновых виброизолятора ( $n_B$ ), изготовленных из резины (табл. 1.7).

Таблица 1.7

**Характеристика резин, используемых для виброизоляторов[8]**

Марка резины	Модуль упругости $1 \times 10^5 \text{Па}$		Коэффициент неупругого сопротивления, $\gamma$	Марка резины	Модуль упругости $1 \times 10^5 \text{Па}$		Коэффициент неупругого сопротивления, $\gamma$
	динамический, $E_d$	статический, $E_{ст.}$			динамический, $E_d$	статический, $E_{ст.}$	
1) ИРП-1347	54	33	0,09	8) 122	206	73	0,21
2) 2566	38	24	0,11	8) 9831	166	36	0,25
3) Су-363	153	51	0,15	9) 3826	236	46	0,30
4) 8506	126	31	0,15	10) 2542 Н	314	46,5	0,32
5) 4326	226	60	0,16	11) 3311	250	16	0,038
6) Н068	166	39	0,17	12) 2959	63	30	0,14
7) 199	196	40	0,208	13) 56	72	37	0,16

14. Определяем площадь поперечного сечения:

*а) всех виброизоляторов:*

$$S = Q / \sigma \text{ (см}^2\text{)}, \quad (1.39)$$

где  $\sigma = 2 \dots 4 \times 10^5$  Па - расчетное статическое напряжение в упругом материале амортизатора;

б) одного виброизолятора:

$$S_B = S/n_B \text{ (см}^2\text{)}. \quad (1.40)$$

15. Находим суммарную жесткость виброизоляторов:

$$K_c = m\omega_0 = 4\pi^2 f_0^2 \frac{Q}{g} \text{ (Н/см}^2\text{)}. \quad (1.41)$$

16. Определяем расчетную высоту виброизоляторов (высоту деформируемой части):

$$H_p = \frac{E_o S}{K_c} \text{ (см)}. \quad (1.42)$$

17. Определяем полную высоту:

$$H = H_p + a/8 \text{ (см)}, \quad (1.43)$$

где  $a$  - диаметр или сторона квадрата сечения виброизолятора. Резиновые виброизоляторы сохраняют устойчивость от опрокидывания в процессе эксплуатации при условии

$$H < a < 1,5 \dots 2H. \quad (1.44)$$

18. Определяем фактическую жесткость принятых резиновых виброизоляторов:

$$K = \frac{E_o S_B n_e}{H_p} \text{ (Н/см)}. \quad (1.45)$$

19. Определяем фактическую частоту собственных колебаний виброизолированного рабочего места:

$$f_0 = \sqrt{\frac{Kg}{Q}} \text{ (Гц)}. \quad (1.46)$$

20. Определяем коэффициент передачи принятых виброизоляторов (погрешность за счет затухания до 25 %):

$$\mu = \frac{1}{f^2 / f_0^2 - 1}. \quad (1.47)$$

21. Определяем расчетное значение виброскорости виброизолированного рабочего места оператора:

$$(1.48) \quad V_0 = V / \mu \text{ (м/с)}, \quad V_0 < V_{\text{доп}}$$

### 1.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА И ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ

Расчет производят с целью снижения уровня силы звука, издаваемого оборудованием.

#### Задание

Необходимо определить звукопоглощающую способность конструкции (уровень силы звука) и сравнить ее с необходимым уровнем звукоизоляции.

Производственное оборудование издает звук частотой  $f$  (Гц). Уровень силы звука на расстоянии  $r=1$  м от источника  $L_m$ , дБ. С целью снижения уровня силы звука сделана ограждающая конструкция, масса  $1 \text{ м}^2$  которой равна  $P$  (кг). Допустимая сила звука  $L_q=80$  дБ.

Данные для решения приведены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

#### Исходные данные

Варианты	К	$L_m$ , дБ	$f$ , Гц	$P$ , кг	$\alpha$
1	3	200	50	200	0,6
2	3,5	100	60	300	0,65
3	4	150	70	400	0,8
4	4,5	250	80	250	0,35
5	5	300	90	350	0,4
6	3	300	100	450	0,45
7	3,5	200	90	300	0,5
8	4	100	80	350	0,55
9	4,5	150	100	400	0,7
10	5	250	90	350	0,8

Примечание: К- безразмерный коэффициент;  $\alpha$ -коэффициент звукопоглощения материала.

Расчет производим в следующей последовательности:

1. Вычислим необходимый уровень звукоизоляции ограждающей конструкции:

$$D=L_m-(L_g-K) \text{ (дБ)}, \quad (1.49)$$

где  $L_g$  - допустимая сила звука (дБ), принимается по [9], [10].

2. Найдем звукоизоляцию стенок конструкции или кожуха:

$$K=20 \lg (Pf)-4,75. \quad (1.50)$$

3. Вычислим звукопоглощающую способность конструкции  $R_1$ (дБ):

$$R_1=K+10 \lg a. \quad (1.51)$$

4. Определим уровень силы звука  $R$ :

$$R=L_m-20 \lg r-8 \geq D \quad \text{для одного источника шума}, \quad (1.52)$$

$$R=L_m+10 \lg N \geq D \quad \text{для нескольких источников шума}. \quad (1.53)$$

Также  $R_1$  можно определить через объемную массу конструкции  $P$  ( $\text{кг/м}^3$ ):

$$R_1=13,5 \lg P+13 \geq D \quad \text{при } P < 200 \text{ кг/м}^3, \quad (1.54)$$

$$R_1=23 \lg P+9 \geq D \quad \text{при } P > 200 \text{ кг/м}^3. \quad (1.55)$$

4. Определим эффективность работы конструкции:

$$R_1 > D. \quad (1.56)$$

## 1.6. РАСЧЕТ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ ОБЛИЦОВОК

Расчет производят с целью снижения шума на производстве при использовании средств звукопоглощения.

### Задание

Необходимо рассчитать звукопоглощающую облицовку цеха, в котором установлены многоточечные сварочные аппараты для сборки закладных элементов  $n$  (шт.), определить эффективность ее применения и уровни звукового давления на рабочих местах после акустической обработки. Размеры цеха  $A \times B \times C$  (м); объем цеха  $V$  ( $\text{м}^3$ ); площади ограждающих поверхностей,  $\text{м}^2$ :  $S_{\text{п}}$ (пола),  $S_{\text{с}}$ (стен),  $S_{\text{пот.}}$ (потолка),  $S$  -общая площадь. В цехе установлено 18

многоточечных сварочных автоматов для сборки закладных элементов. Расчетная точка удалена от ближайшего станка на  $r=2$  м. Расчет произвести на среднегеометрической частоте 1000 Гц. Допустимые уровни звукового давления  $\Delta L_{дон} = 80$  Гц. Исходные данные представлены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

*Исходные данные*

Варианты	А,м	В,м	С,м	Помещение
1	18	120	4,5	1
2	16	100	4,5	2
3	20	120	4,5	3
4	12	72	4,5	4
5	18	100	4,5	1
6	18	120	4,5	2
7	16	100	4,5	3
8	20	120	4,5	4
9	12	72	4,5	1
10	18	100	4,5	2

В тех случаях, когда источник шума не может быть устранен, ослаблен или огражден звукоизоляционной преградой, для борьбы с шумом используют средства звукопоглощения. Звукопоглощающие облицовки размещают на потолке и верхних частях стен. Зона отраженного звука определяется величиной предельного радиуса  $r_{пр}$ , т.е. расстоянием от источника шума, на котором уровень звукового давления отраженного звука равен уровню звукового давления прямого звука, излучаемого данным источником.

Расчет производится в следующей последовательности:

1. Определяем постоянную  $B$  акустически необработанного помещения:

$$B = B_{1000} \mu, \quad (1.57)$$

где  $B_{1000}$  – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, определяемая в зависимости от объема помещения  $V$ ,  $m^3$ , по табл. 1.10;  $\mu$  – частотный множитель, определяемый по табл. 1.11

Таблица 1.10

**Значение постоянной помещения  $V_{1000}$** 

Помещение	$V_{1000}, \text{м}^2$
1. С небольшим кол-вом людей	$V/20$
2. С жесткой мебелью и большим числом людей или с небольшим числом людей и мягкой мебелью (лаборатории, ткацкие, деревообрабатывающие цеха, кабинеты и т.д.)	$V/10$
3. С большим числом людей и мягкой мебелью (комнаты управления, залы конструкторских бюро, залы кафе, магазинов и т.п.)	$V/6$
4. Помещения со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен	$V/1,5$

Таблица 1.11

**Значение частотного множителя  $\mu$  для помещений различных объемов**

Объем помещения, $\text{м}^2$	Частотный множитель $\mu$ для среднегеометрических частот октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
200-1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
>1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

2. По найденной постоянной помещения  $V$  для каждой октавной полосы вычисляют эквивалентную площадь звукопоглощения,  $\text{м}^2$ :

$$A = \frac{B}{\frac{B}{S} + 1}, \quad (1.58)$$

где  $S$  - общая суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения,  $\text{м}^2$ .

3. Определяем предельный радиус:

$$r_{np} = 0,2 \sqrt{\frac{B_{8000}}{n}} \quad (\text{м}), \quad (1.59)$$

где  $n$  - количество источников звука;  $B_{8000}$  - постоянная помещения на частоте 8000 Гц.

$$B_{8000} = B_{1000} \times \mu_{8000}. \quad (1.60)$$

4. Определяем максимальное снижение уровня звукового давления:

$$\Delta L = 10 \cdot \lg\left(\frac{B_1}{B}\right) \text{ (дБ)}, \quad (1.61)$$

где  $B_1$  - постоянная помещения после установки в нем звукопоглощающих конструкций,  $\text{м}^2$ .

5. Определяем постоянную помещения  $B_1$  в акустически обработанном помещении:

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1}, \quad (1.62)$$

где  $A_1$  - эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностями, не занятыми звукопоглощающей облицовкой,

$$A_1 = \alpha(S - S_{обл.}) \text{ (м}^2\text{)}, \quad (1.63)$$

$\alpha$  - средний коэффициент звукопоглощения в помещении до его акустической обработки:

$$\alpha = \frac{B}{B + S}, \quad (1.64)$$

$\alpha_1$  - средний коэффициент звукопоглощения акустически обработанного помещения:

$$\alpha_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S}, \quad (1.65)$$

где  $S$  - общая суммарная площадь ограждающих поверхностей,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta A$  - величина суммарного добавочного поглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки или штучными поглотителями:

$$\Delta A = \alpha_{обл.} S_{обл.} + A_{шт.} n \text{ (м}^2\text{)}, \quad (1.66)$$

где  $\alpha_{обл.}$  - реверберационный коэффициент звукопоглощения конструкции облицовки (табл.1.12);  $S_{обл.}$  - площадь облицованных поверхностей,  $\text{м}^2$  примем  $600 \text{ м}^2$ ;  $A_{шт.}$  - эквивалентная площадь звукопоглощения одного штучного звукопоглотителя,  $\text{м}^2$ ;  $n$  - число штучных поглотителей.

Для акустической обработки арматурного цеха выбираем плиты марки ПА/С минераловатные, акустические (ТУ 21-24-60-74).

Таблица 1.12

**Значение реверберационного коэффициента плит марки ПА/С**

Марка звукопоглощающей конструкции	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\alpha_{обл.}$	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,7

**1.7. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ УЧАСТКА ДОРОГИ**

Расчет предназначен для нахождения оптимальных вариантов размещения осветительных приборов на различных участках дороги. Проектирование осветительной установки сводится к обоснованию выбора типов осветительных устройств, оптимальному размещению их и определению мощности источников света, обеспечивающих необходимые световые параметры для данных условий.

**Задание**

Требуется определить расстояние между опорами  $L$  (м). Нормативная освещенность на дороге  $E_{ср} = 1$  (лк). Высота светильников 8 м.

Исходные данные представлены в табл. 1.13.

Таблица 1.13

**Исходные данные**

Варианты	Схема	Тип светильника	$b$ , м	$b_1$ , м	$b_2$ , м	$\Phi_{л}$ , лм	Типы ламп
1	1	1	10			2800	газоразрядные
2	2	2	8		6	12000	лампы накаливания
3	3	3	8	12		8300	газоразрядные
4	1	4	12			3200	лампы накаливания
5	2	5	10		6	10000	газоразрядные
6	3	6	10	14		5600	лампы накаливания
7	1	7	8			19000	газоразрядные
8	2	8	12		8	11000	лампы накаливания
9	3	9	12	18		4600	газоразрядные
10	1	10	14			2000	лампы накаливания



Расчет производится в следующей последовательности:

1. Определяем среднюю освещенность, создаваемую осветительной установкой, по методу коэффициента использования:

$$E_{cp} = \frac{\Phi_{л}\eta}{Lbk} \quad (1.67)$$

2. Находим пролет между опорами для создания  $E_{cp}$  :

$$L = \frac{\Phi_{л}\eta}{E_{cp}kb}, \quad (1.68)$$

где  $\Phi_{л}$  - световой поток всех ламп, устанавливаемых на опоре, лм;  $k$  - коэффициент запаса. При использовании светильников с лампами накаливания  $k$  принимают равным 1,3, а с газоразрядными лампами - 1,5;  $b$  - ширина освещаемой площади (дороги), м;  $\eta$  - коэффициент использования осветительной установки, зависящий от расположения светильников на освещаемой полосе (рис.1.3).

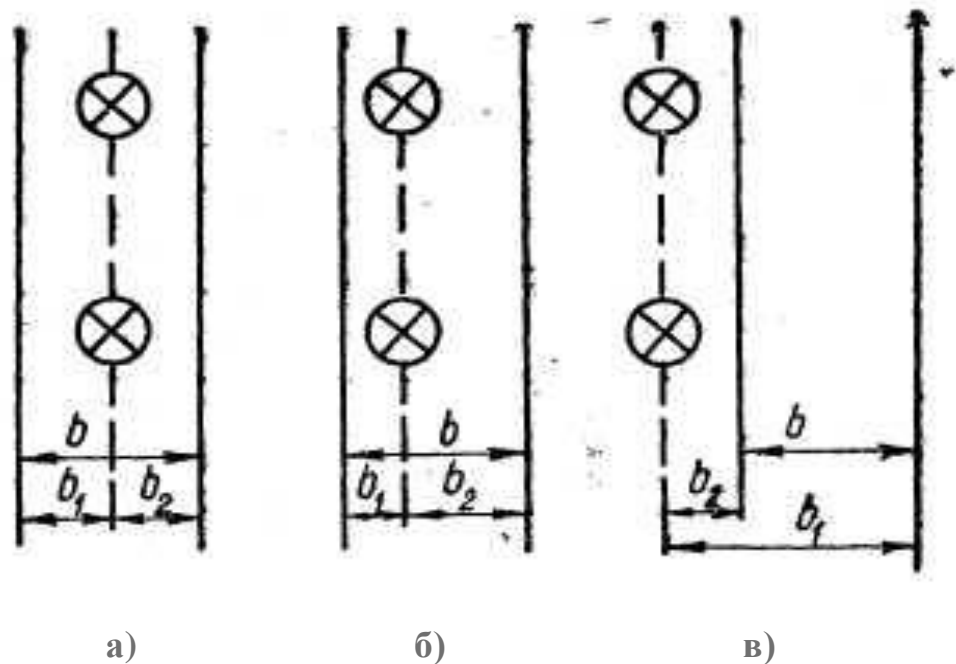


Рис. 1.3. Схемы расположения светильников

Коэффициент использования зависит от расположения светильников (рис. 1.3) и отношений  $\eta_1$  соответствует  $b_1/H$  и  $\eta_2$  от  $b_2/H$  (табл. 1.14).

В первом случае (рис.1.3 (а)), когда светильники размещены по оси освещаемой полосы, коэффициент использования  $\eta = 2\eta_1$ ; во втором случае (рис. 1.3 (б))  $\eta = \eta_1 + \eta_2$  и в третьем случае (рис. 1.3 (в)), когда светильники размещены вне освещаемой полосы,  $\eta = \eta_1 - \eta_2$ .

**Значения коэффициента использования светового потока светильников  $\eta$** 

Тип светильника	Отношение ширины освещенной полосы по одну сторону от ряда светильников к высоте их установки ( $b_1/H$ или $b_2/H$ )					
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
1. СПО-200	0,116	0,194	0,253	0,274	0,284	0,290
2. СПО500	0,111	0,185	0,244	0,264	0,274	0,280
3. СЗП-200М	0,140	0,227	0,324	0,375	0,396	0,408
4. СЗП-5006	0,103	0,171	0,255	0,295	0,312	0,322
5. СЗП-500Ц	0,105	0,167	0,242	0,279	0,295	0,305
6. СЗПР-2505	0,094	0,159	0,218	0,256	0,270	0,279
7. РКУ -400	0,154	0,259	0,343	0,376	0,292	0,404
8. СКЗР-2Х	0,175	0,297	0,400	0,441	0,462	0,476
9. СПОР-250	0,105	0,182	0,243	0,264	0,274	0,282
10. СПЗЛ-3Х 40	0,092	0,144	0,190	0,208	0,217	0,223

### 1.8. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Расчет метантенков производят для подсчета количества образующихся на очистной станции осадков, выбора режима сбраживания, определении требуемого объема сооружений и степени распада беззольного (органического) вещества осадков.

Анаэробное сбраживание является одним из распространенных методов обезвреживания осадков сточных вод. Оно осуществляется микроорганизмами (бактериями), способными в ходе жизнедеятельности окислять органические вещества осадков. Этот процесс происходит в метантенках (рис. 1.4) и сопровождается выделением большого количества метансодержащего газа брожения, который используется в теплоэнергетическом хозяйстве очистной станции и близрасположенных объектов. Допускается подача в метантенки и других сбраживаемых органических веществ (домового мусора,

отбросов с решеток, производственных отходов органического происхождения и т.п.) после их дробления.

Сбраживание осадков в метантенках возможно в двух режимах: мезофильном (33 °С) и термофильном (53 °С). Выбор режима сбраживания производится с учетом методов последующей обработки и утилизации осадков, а также санитарных требований.

Термофильный процесс протекает примерно в 2 раза быстрее мезофильного (10-8 дней против 25-20) и обеспечивает полную дегельминтизацию осадка, что отвечает санитарным требованиям. Но с другой стороны, такое сбраживание требует дополнительного расхода топлива на подогрев метантенков. К тому же, осадок, сброженный в термофильных условиях, труднее отдает воду для его промывки.

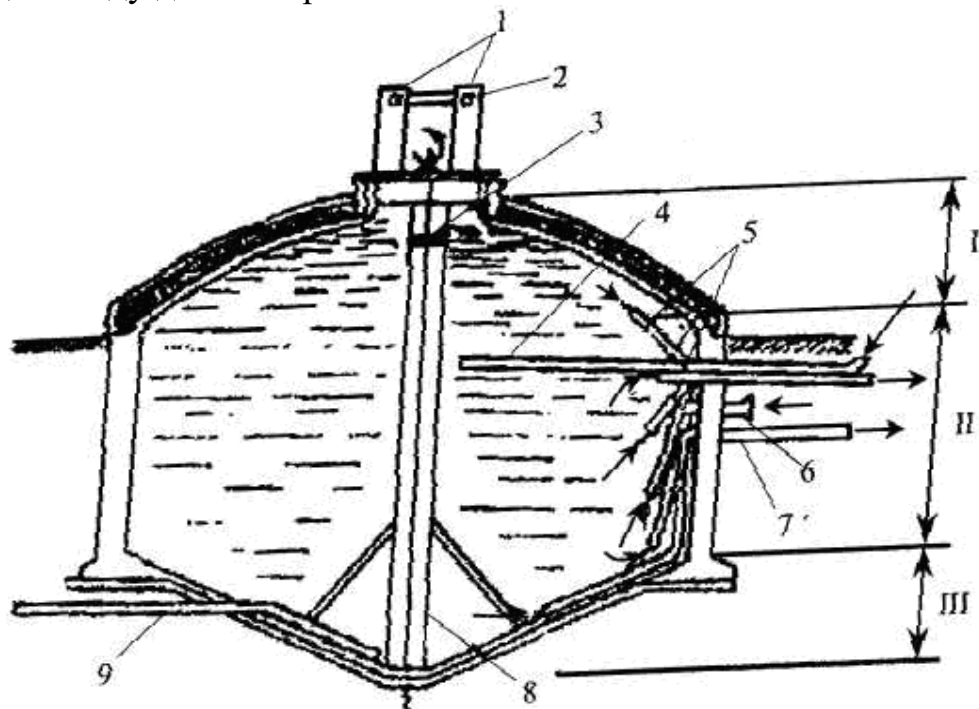


Рис. 1.4. Схема устройства метантенка:

I - верхний конус; II - цилиндрическая часть; III - нижний конус; 1 - газовый колпак для сбора газа; 2 - газопровод от газового колпака; 3 - пропеллерная мешалка; 4 - трубопровод для загрузки (например, сырого осадка и активного ила); 5 - фугопроводы для удаления иловой воды или выгрузки сброженного осадка с разных уровней; 6 - инжектор подачи острого пара для подогрева содержимого метантенка и перемешивания; 7-трубопровод выгрузки суспензии твердофазных продуктов сбраживания (например, сброженного осадка); 8 - циркуляционная труба; 9 - трубопровод для опорожнения метантенка

Если проектом предусматривается механическое обезвреживание сброженной смеси с последующей ее термической сушкой (т.е. дополнительной тепловой обработкой), то принимается мезофильный режим, которому достаточно тепла, получаемого от сжигания собственных газоброжений. Если сброженный осадок предполагается подсушивать на иловых площадках, то целесообразно выбрать термофильный режим. Мезофильный процесс в этом слу-

чае должен сопровождаться дегельминтизацией осадка. Окончательное решение принимается на основании технико-экономических расчетов.

### Задание

Выполнить расчет метантенков для очистной станции. Исходные данные представлены в табл. 1.15. Эффект осветления в первичных отстойниках 50 %, концентрация загрязнений БПК снижается на 20 %. Предел распада смеси  $\Gamma_{см}$  подсчитать по известному содержанию белков, жиров и углеводов в 1 г сбраживаемого субстрата (табл.1.16). Вынос активного ила из вторичного отстойника (b) примем 15 мг/л. Влажность осадка из первичных отстойников - 94 %, уплотненного активного ила - 97 %; гигроскопическая влажность осадка - 5 %, ила - 5 %, сброженной смеси - 6 %; плотность осадка и ила 1 т/м<sup>3</sup>. В табл. 1.15 приняты следующие обозначения: Производительность очистной станции  $q_{ст}$ ; концентрация взвешенных веществ С, мг/л

Таблица 1.15

### Исходные данные

Вариант	$q_{ст}$	С, мг/л	Биохимическое потребление кислорода, $L_a$ , мг/л	Режим сбра- живания	Зольность, %		Содержание белков, жиров, углеводов**	
					осадка	ила	осадка	ила
1	90000	200	350	м	30	28	1	1
2	24000	290	220	т	32	30	1	2
3	150000	150	220	м	28	26	2	1
4	23500	200	180	т	30	27	2	3
5	120000	150	240	м	28	25	3	3
6	14000	190	120	т	29	27	1	4
7	13000	300	220	м	33	26	2	4
8	150000	150	500	т	28	28	2	2
9	36000	180	140	м	29	25	2	5
10	11000	300	250	т	33	29	3	2

Примечание: М - мезофильный режим, Т - термофильный.

\*\* Указан номер варианта в табл.1.16.

**Содержание белков, жиров и углеводов в осадке из первичных отстойников (в числителе) и уплотненном активном иле (в знаменателе), г/г**

Вариант	Углеводы	Жиры	Белки
1	0,168/0,065	0,356/0,323	0,306/0,494
2	0,201/0,094	0,349/0,340	0,280/0,448
3	0,196/0,078	0,344/0,313	0,290/0,489
4	0,182/0,071	0,340/0,359	0,308/0,450
5	0,177/0,083	0,320/0,334	0,333/0,463

Расчет параметров процесса ведется в следующем порядке:

1. Определяем массу сухого вещества и активного ила в тоннах:

$$Q_{\text{сух.}} = \frac{CЭк}{1000 \cdot 1000} q_{\text{ст.}}; \quad (1.69)$$

$$I_{\text{сух.}} = \frac{0,8C(1 - Э) + K_{\text{пр.}}L_a - b}{1000 \cdot 1000}, \quad (1.70)$$

где  $C$  - концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на первичные отстойники, мг/л;  $L_a$  - биохимическое потребление кислорода (БПК) поступающей в аэротенк сточной воды, мг/л;  $Э$  - эффективность задержания взвешенных веществ в первичных отстойниках, доли единицы;  $q_{\text{ст}}$  - средний расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;  $k$  - коэффициент, учитывающий увеличение объема осадка за счет крупных фракций взвешенных веществ, не улавливаемых при отборе проб для анализов,  $k=1,1-1,2$ ;  $b$  - вынос вторичного ила из вторичных отстойников, мг/л;  $K_{\text{пр}}$  - коэффициент прироста активного ила,  $K_{\text{пр}} = 0,3-0,5$ .

2. Определяем массу беззольного вещества осадка и активного ила, т/сут:

$$O_{\text{без.}} = \frac{O_{\text{сух.}}(100 - B_{\Gamma}) \cdot (100 - 3_{\text{ос.}})}{100 \cdot 100} \quad (1.71)$$

$$I_{\text{без.}} = \frac{I_{\text{сух.}}(100 - B'_{\Gamma}) \cdot (100 - 3_{\text{ил.}})}{100 \cdot 100}, \quad (1.72)$$

где  $B_{\Gamma}$  и  $B'_{\Gamma}$  - гигроскопическая влажность сырого осадка и активного ила соответственно, %;  $Z_{oc}$  и  $Z_{ил}$  - зольность сухого вещества осадка и ила, %.

3. Находим общий расход осадков на станции по сухому и беззольному веществу:

$$M_{сyx} = O_{сyx} + I_{сyx}; \quad (1.73)$$

$$M_{бeз} = O_{бeз} + I_{бeз}, \quad (1.74)$$

4. Определяем расход сырого осадка и избыточно активного ила в метрах кубических в сутки:

$$q_{oc.} = \frac{100 \cdot O_{сyx.}}{(100 - \rho_{oc.}) \gamma_{oc.}}; \quad (1.75)$$

$$q_{ил.} = \frac{100 \cdot I_{сyx.}}{(100 - \rho_{oc.}) \rho_{ил.}}, \quad (1.76)$$

где  $\rho_{oc.}$  и  $\rho_{ил.}$  - влажность сырого осадка и избыточно активного ила соответственно, %;  $\gamma_{oc.}$  и  $\gamma_{ил.}$  - плотность осадка и активного ила, т/м<sup>3</sup>.

5. Рассчитываем общий расход осадков по объему смеси фактической влажности:

$$M_{общ.} = q_{oc.} + q_{ил.} \quad (1.77)$$

6. Средние значения соответственно влажности и зольности смеси в процентах определяем по формуле

$$Z_{см} = 100 \left[ 1 - \frac{M_{бeз}}{\frac{O_{сyx} (100 - B_{\Gamma})}{100} + \frac{I_{сyx} (100 - B_{\Gamma})}{100}} \right]. \quad (1.78)$$

7. Находим требуемый объем метантенка, м<sup>3</sup>:

$$W = 100 \cdot M_{общ.} / D, \quad (1.79)$$

где  $D$  - суточная доза загрузки осадка в метантенке, % от объема метантенка.

8. Определяем выход газа в кубических метрах на килограмм загруженного беззольного вещества:

$$\Gamma = \frac{(r - n \cdot D)}{100}, \quad (1.80)$$

где  $r$  - предел сбраживания осадка, %;  $n$  - эмпирический коэффициент, зависящий от влажности осадка и температурного режима сбраживания (табл. 1.17).

9. Определяем предел сбраживания (распада) для смеси осадка и активного ила:

$$r_{сб.} = \frac{r_o O_{без.} + r_{ил.} I_{без.}}{M_{без.}}, \quad (1.81)$$

где  $r_o$  и  $r_{ил.}$  - пределы распада соответственно осадка и ила, %.

Эти показатели могут быть рассчитаны, если известно содержание жиров (ж), белков (б), углеводов (у) в 1 г сбраживаемого субстрата, по формуле

$$r = (0,92ж + 0,62у + 0,34б) \cdot 100. \quad (1.82)$$

В случае, когда данные по химическому осадку отсутствуют, можно принять  $r_o=53\%$ ,  $r_{ил.}=44\%$ .

10. Рассчитываем суммарный выход газа:

$$\Gamma_{общ.} = \Gamma M_{без.} \quad (1.83)$$

Расчет и проектирование метантенков следует вести для типовых конструкций метантенков.

Суточная доза загрузки осадка в метантенки и значение коэффициента  $n$  принимаются по данным табл.1.17:

Таблица 1.17

**Значение коэффициента  $n$**

$P_{ос}$	93	94	95	96	97
Д, % от объема метантенка	$\frac{7}{14}$	$\frac{8}{16}$	$\frac{8}{17}$	$\frac{9}{18}$	$\frac{10}{19}$
$n$	$\frac{1,05}{0,455}$	$\frac{0,89}{0,385}$	$\frac{0,72}{0,31}$	$\frac{0,56}{0,24}$	$\frac{0,40}{0,17}$

Примечание: В числителе - для мезофильного режима; в знаменателе - для термофильного.

**Конструктивные размеры метантенков**

Проект	Диаметр, м	Полезный объем рудного резервуара, м	Высота, м			Строитель- ный объем здания обслу- живания, м <sup>3</sup>	Строитель- ный объем киоска га- зовой сети, м <sup>3</sup>
			верх- него ко- нуса	цилин- дри- ческой части	ниж него ко- нуса		
902-2-227	12,5	1000	1,9	6,5	2,15	652	100
902-2-228	15	1600	2,35	7,5	2,6	2035	112
902-2-229	17,5	2500	2,5	8,5	3,05	2094	136
902-2-230	20	4000	2,9	10,6	3,5	2520	174
Н-К.ст.	18	6000	3,15	18	3,5	2700	170
Л.ст.	22,4	8000	4,45	16,3	3,7	2000	170

Примечание: Н-К. ст. - Ново-Курьяновская станция аэрации;

Л. ст. – Люберецкая станция аэрации.

**1.9. РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

Расчет предназначен для обеспечения электробезопасности при прикосновении к частям электроустановок на рабочем месте.

Основными причинами электротравматизма на строительной площадке являются: неудовлетворительное ограждение токоведущих частей установок от случайного к ним прикосновения; выполнение работ под напряжением без соблюдения необходимых мер безопасности и без защитных средств; неудовлетворительное заземление электроустановок; несоответствие использования машин, аппаратов, кабелей и проводов условиям их эксплуатации; работа строительных машин вблизи проводов воздушных линий, находящихся под напряжением, без соблюдения необходимых мер безопасности; неправильная эксплуатация переносного ручного электроинструмента в условиях повышенной опасности или особо опасных и т. д.

**Задание**

Расчитать количество заземлителей  $n$  и результирующее сопротивление заземляющего устройства  $R_{\text{общ}}$ . В качестве заземлителей принимаются стальные трубы диаметром  $d$  (мм) и длиной  $L$  (м), расположенные верти-



кально и соединенные на сварке стальной полосой шириной  $b$  (м). Расстояние между электродами  $a$  (м),  $h$ -глубина заложения стержня (принимается  $h=0,8$  м). Требуемое по нормам допустимое сопротивление заземляющего устройства  $R_H \leq 4$  Ом. Для вычисления сопротивления использовать схему №2 (табл. 1.22). Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.19.

Таблица 1.19

**Исходные данные**

Варианты	Грунт	Зона	$d$ , м	$L$ , м	$b$ , м	$a$ , м
1	Суглинок	I	0,04	3	0,04	$a=1$
2	Глина	II	0,06	2,5	0,06	$a=21$
3	Супесок	III	0,04	3	0,07	$a=31$
4	Песок	IV	0,05	2	0,08	$a=1$
5	Торф	I	0,08	3,5	0,07	$a=21$
6	Каменный грунт	II	0,04	3	0,04	$a=31$
7	Садовая земля	III	0,06	2	0,06	$a=1$
8	Чернозем	IV	0,04	3	0,07	$a=21$
9	Суглинок	I	0,05	2	0,08	$a=31$
10	Глина	II	0,08	3	0,07	$a=1$

Расчет сопротивления заземлителя производится в следующем порядке:

1. Определяем расчетное удельное сопротивление грунта  $\rho_p$  для горизонтальных и вертикальных электродов с учетом повышающего коэффициента  $\psi$ , учитывающего высыхание грунта летом и промерзание зимой:

$$\rho_p = \rho_{изм. \cdot \psi}, \text{ Ом}\cdot\text{м}, \quad (1.84)$$

где  $\rho_{изм.}$  - суммарное значение удельного сопротивления (табл. 1.20);  $\psi$  - коэффициент сезонности, определяется по табл.1.21 .

2. Определяем ориентировочное число вертикальных заземлителей:

$$n_1 = \frac{R_B}{R_H}, \text{ шт.} \quad (1.85)$$

где  $R_e$  - сопротивление одиночного вертикального электрода, определенное по табл. 1.22.

Таблица 1.20

**Приближенные значения удельных электрических сопротивлений  
различных грунтов**

Наименование грунта	Значения, рекомендуемые для приближенных расчетов, Ом·см
Суглинок	$1 \cdot 10^4$
Глина	$0,4 \cdot 10^4$
Супесок	$3 \cdot 10^4$
Песок	$7 \cdot 10^4$
Торф	$0,2 \cdot 10^4$
Каменный грунт	$1 \cdot 10^4$
Садовая земля	$0,4 \cdot 10^4$
Чернозем	$0,2 \cdot 10^4$

Таблица 1.21

**Коэффициент сезонности  $\psi$**

Тип электрода	Значение $\psi$ в зависимости от климатической зоны			
	I	II	III	IV
Вертикальные электроды длиной 2-3 м при глубине заложения вершин 0,5-0,8 м	1,8-2,0	1,6-1,8	1,4-1,6	1,2-1,4
Горизонтальные электроды при глубине заложения 0,8 м	4,5-7,0	3,5-4,5	2,0-2,5	1,5-2,0

3. Находим необходимое количество вертикальных электродов:

$$n = \frac{R_B}{R_H \cdot \eta_B}, \quad (1.86)$$

где  $\eta_B$  - коэффициент использования вертикальных стержневых заземлителей, определяемый по табл. 1.23.

4. Определяем расчетное сопротивление растеканию горизонтальных электродов  $R_r$  (Ом):

$$R_r = \frac{R_B}{n \cdot \eta_B}. \quad (1.87)$$

5. Определяем длину полосы связи  $L$ :

- при расположении стержней по замкнутому контуру

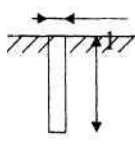
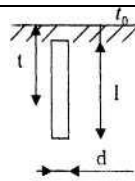
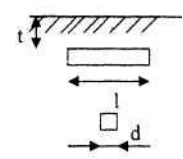
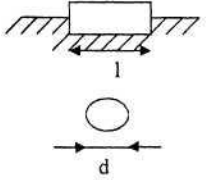
$$L = 1,05 \cdot a \cdot n; \quad (1.88)$$

- при расположении стержней в ряд

$$L = 1,05 (n-1). \quad (1.89)$$

Таблица 1.22

**Формулы для вычисления сопротивлений одиночных заземлителей растеканию тока**

Схема	Тип заземлителя	Формула
	Стержневой круглого сечения или уголко-вый у поверхности земли	$R_g = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$
	То же, в земле	$R_g = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+L}{4t-L} \right)$ $t = h + L/2$
	Протяженный в земле	$R_g = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{dt}$
	То же на земле	$R_g + \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{2L}{d}$

6. Вычисляем общее сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{об.} = \frac{R_g + R_{\Gamma}}{R_g \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \eta_g \cdot n}, \quad (1.90)$$

где  $\eta_{\Gamma}$  - коэффициент использования горизонтального полосового заземлителя, соединяющего вертикальные стержневые заземлители (табл. 1.24).

Таблица 1.23

**Коэффициент использования  $\eta_{\Gamma}$   
вертикальных стержневых заземлителей**

Число заземлителей, $n_1$	Отношение расстояний между заземлителями к их длине					
	1	2	3	1	2	3
	Заземлители расположены в ряд			Заземлители расположены по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,55	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

Таблица 1.24

**Коэффициент использования горизонтального полосового заземлителя, соединяющего вертикальные стержневые заземлители**

Отношение расстояния между стержневыми заземлителями к их длине	Число стержневых заземлителей							
	2	4	6	10	20	40	60	100
	Стержневые заземлители расположены в ряд							
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	-	-	-
2	0,94	0,89	0,84	0,75	0,56	-	-	-
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	-	-	-
	Стержневые заземлители расположены по контуру							
1	-	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	-	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	-	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

7. Делают проверку:

$$R_{об.} \leq R_n . \quad (1.91)$$

Если условие не выполняется, тогда: 1) увеличивают количество стержней на 15-20%; 2) принимают новые значения  $\eta_v$  и  $\eta_r$  в зависимости от нового количества стержней; 3) заново повторяют расчет.

### 1.10. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ЛЕБЕДКИ

Расчет предназначен для определения мощности электродвигателя лебедки для такелажных работ (подтаскивания груза).

#### Задание

Рассчитать мощность электродвигателя лебедки с частотой вращения  $n = 250$  об/мин. для такелажных работ -подтаскивания груза весом  $Q$  (Н) - при перемещении со скоростью  $v$  (м/с) по горизонтальной плоскости. Исходные данные приведены в табл. 1.25

Таблица 1.25

#### Исходные данные

Варианты	Q, (Н)	$v$ , (м/с)	Наименование поверхностей	КПД, $\eta$	$r$ , мм	$k$	$d$ , мм	$Z$	$\Delta$ , мм/с
1	5000	0,2	Сухая земля и песок	0,7	200	110	250	2	3
2	6000	0,15	Сырая и глинистая земля	0,75	220	120	180	3	4
3	7000	0,22	Мостовая	0,8	180	130	240	4	5
4	8000	0,3	Деревянный настил	0,7	200	140	220	2	6
5	5500	0,15	Металлическая полос	0,75	220	150	200	3	7
6	6500	0,25	Сталь	0,8	180	160	250	4	8
7	7500	0,28	Камнь	0,7	200	170	180	2	3
8	8500	0,3	Лед	0,75	220	180	240	3	4
9	4500	0,15	Снег и лед	0,8	180	190	220	4	5
10	4000	0,2	Мостовая	0,8	200	200	200	2	6

Расчет производим в следующей последовательности:

1. Определяем мощность лебедки по формуле:

$$P = \frac{Fv}{1000\eta}, \quad (1.92)$$

где F - тяговое усилие, Н.

2. Определяем тяговое усилие при передвижении по горизонтальной и наклонной плоскостям по формуле

$$F = f \cdot Q, \quad (1.93)$$

где f - коэффициент трения (принимается по табл. 1.26).

Таблица 1.26

**Значение коэффициента трения**

Наименование поверхностей	Коэффициент трения f
<b>Деревянные полозья</b>	
По сухой земле, песку	0,6-0,8
По сырой и глинистой земле	0,3
По мостовой	0,4
По деревянному настилу	0,5-0,2
По металлической полосе	0,5-0,2
По снегу и льду	0,035
<b>Сталь</b>	
По стали	0,25-0,15
По камню	0,7-0,3
По льду	0,02
<b>Деревянные катки диаметром 15 и 20 см</b>	
По деревянному настилу	0,08-0,05
По камню	0,067-0,016
<b>Металлические катки диаметром 5 и 10 см</b>	
По камню	0,09-0,016
По деревянному настилу	0,09-0,05

3. Определяем мощность электродвигателя (кВт) к пилораме по формуле

$$P = \frac{Fv}{1000\eta}, \quad (1.94)$$

где  $F$  - усилие резания, Н;  $v$  - средняя скорость пилы, м/с.

4. Рассчитываем усилие резания

$$F = kS \sum h \frac{\Delta}{H}, \quad (1.95)$$

где  $k$  - коэффициент резания;  $S$  - толщина пилы, мм (принимается 2 мм);  $\sum h$  - общая высота пропила, мм;

$$\sum h = 0,75zd, \quad (1.98)$$

где  $d$  - диаметр бревна, мм;  $\Delta$  - скорость подачи, мм/с;  $H$  - длина кривошипа, мм;

$$H = 2 \cdot r, \quad (1.97)$$

где  $r$  - радиус кривошипа, мм.

5. Определяем среднюю скорость пилы по формуле:

$$v = \frac{2Hn}{60}. \quad (1.98)$$

### 1.11. РАСЧЕТ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

Расчет предназначен для определения потребного количества воды для защиты рабочих мест на производстве от теплового облучения.

Мероприятия по борьбе с лучистой энергией сводятся, в основном, к изоляции излучаемых поверхностей, созданию определенного термического сопротивления на пути теплового потока в виде экранов различных конструкций (жестких глухих, сетчатых полупрозрачных, водяных, воздушно-водяных и др.). Действие защитных экранов заключается либо в поглощении лучистой энергии, либо в отражении ее обратно к источнику излучения.

С целью увеличения эффективности цепных завесов они смачиваются водой. При этом тепло, передаваемое излучением, практически полностью воспринимается водой и лишь частично уносится за счет конвекции горячего воздуха в воздушной прослойке между источником излучения и экраном.

### Задание

Определить потребное количество воды на один экран размером АхВ (м), температура горячей стенки печи  $T_1$  (К), температура стенки экрана  $T_2$  К. Исходные данные представлены в таблице 1.27.

Таблица 1.27

#### Исходные данные

Вариант	$T_1, K$	$T_2, K$	Вода для орошения	А, м	В, м	$\psi_2$	Стенка печи	$t_{ух}, ^\circ C$	$t_{пр}, ^\circ C$
1	453	306	Речная	1,5	1,0	275	Шамотный кирпич	28	25
2	535	306	Морская	2,0	2,5	275	Красный кирпич	28	24
3	420	300	Речная	2,5	3,0	275	Кирпичная кладка оштукатуренная	34	29
4	400	320	Морская	3,0	2,0	275	Кирпич огнеупорный	30	25
5	360	280	Речная	3,0	2,5	275	Кирпичная кладка оштукатуренная	29	25
6	380	268	Морская	3,0	1,5	275	Кирпич огнеупорный	28	25
7	412	384	Речная	2,5	2,5	275	Бетон	30	27
8	460	390	Морская	1,5	1,5	275	Красный кирпич	34	28
9	406	370	Речная	2,0	2,0	275	Крпичная кладка оштукатуренная	30	25
10	368	290	Морская	2,0	1,5	275	Бетон	33	27

Расчет производят в следующей последовательности:

1. Определяем количество тепла, переданное излучением с 1 м<sup>2</sup> горячей стенки воде, по формуле

$$q_H = \psi_{пр} C_o \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ (Вт/м}^2\text{)}, \quad (1.99)$$

где  $C_o$ - коэффициент излучения абсолютно черного тела,  $C_o=5,67$  (Вт/м<sup>2</sup>);  $\psi_{пр}$  -приведенная степень черноты:

$$\psi_{пр.} = \frac{1}{\frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2}}, \quad (1.100)$$



где  $\psi_1$  и  $\psi_2$  - степень черноты соответственно горячей стенки (табл.1.28) и стального листа экрана (принимается  $\psi_2=275$ ).

2. Рассчитываем потребное количество воды Q на экране площадью f по формуле

$$Q = \frac{a \cdot q_H \cdot f}{c(t_{yx} - t_{np})} \text{ (кг/ч)}, \quad (1.101)$$

где a - коэффициент поглощения инфракрасных лучей материалом экрана и водой, равный 0,9; c - теплоемкость воды (речной - 0,98, морской - 0,94);  $t_{yx}$  - температура уходящей воды;  $t_{np}$  - температура производственной воды.

Таблица 1.28

**Степень черноты материалов**

Материал	Температура, °С	Степень черноты
Бетон	-	0,62
Кирпич шамотный	20	0,85
Кирпич красный	20	0,88
Кирпич огнеупорный	20	0,93
Кирпичная кладка оштукатуренная	10-90	0,91

**1.12. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛА**

Расчет предназначен для того, чтобы посчитать потери тепла в помещении через строительные ограждения и определить мощности отопительных установок.

Системы отопления должны компенсировать потери тепла через строительные ограждения, расход тепла на нагревание воздуха, поступающего через открытые ворота, двери и другие проемы, неплотности в ограждениях, расход тепла на нагрев поступающих извне материалов, оборудование и транспорта, а также на нагрев воздуха, поступающего в помещение извне для компенсации воздуха, забираемого из помещений оборудованием или удаляемого вытяжными системами в тех случаях, когда этот воздух не компенсируется приточной вентиляцией. При расчете тепловой мощности систем отопления следует учитывать среднечасовые выделения тепла от оборудова-

ния (в смену с минимальной загрузкой оборудования), от нагретых материалов, полуфабрикатов и других источников.

На основании данных тепловых потерь и производственных выделений тепла составляют тепловые балансы помещения или цеха при расчетной отопительной температуре. На основании балансов определяют мощности отопительных установок.

### Задание

Определить основные потери тепла помещений через строительные ограждающие конструкции (стены, потолки, окна и т.д.). Размеры ограждения  $A \times B$ , м.

Исходные данные представлены в таблице 1.29.

Таблица 1.29

#### Исходные данные

Вариант	$A \times B$ , м	$R_o$ , ккал(м <sup>2</sup> ·ч·град)	$R_B, R_H$ , ккал(м <sup>2</sup> ·ч·град)	n (вариант)	$t_B, ^\circ C$	$t_H, ^\circ C$
1	100x20	1-режим А	1	1	20	5
2	24x20	2-режим А	2	2	20	12
3	80x20	3-режим Б	3	3	18	14
4	3x4	4-режим А	4	4	18	5
5	80x24	5-режим Б	5	5	16	10
6	100x20	6-режим Б	1	1	16	8
7	24x20	7-режим А	2	2	19	5
8	80x20	1-режим Б	3	3	18	12
9	3x4	2-режим Б	4	4	19	6
10	80x24	3-режим А	5	5	20	10

Основные потери тепла определяют суммированием потерь тепла через отдельные ограждающие конструкции (стены, окна, потолки и т.д.), подсчитанные по формуле

$$Q = \sum Fkn \cdot (t_B - t_H) \text{ (ккал/ч)}, \quad (1.102)$$

где  $F$  - поверхность ограждения, м<sup>2</sup>;  $k$  - коэффициент теплопередачи конструкции ограждения, ккал/(м<sup>2</sup> ч град);  $n$  - поправочный коэффициент к расчетной разности температур, представленный в табл. 1.30;  $t_B$  - расчетная температура воздуха в помещении, °C;  $t_H$  - расчетная температура наружного воздуха, °C.

$$k = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{R_g + R_n + \sum \frac{\delta}{\lambda} R_{g.n.}} \text{ (ккал/м}^2 \text{ ч град),} \quad (1.103)$$

где  $R_o$  - общий коэффициент термического сопротивления теплопереходу ограждения, ккал/(м<sup>2</sup> ч град), представлен в табл. 1.31;  $R_b$ -коэффициент термического сопротивления теплопереходу у внутренней поверхности ограждения, ккал/(м<sup>2</sup> ч град), представлен в табл. 1.32;  $R_n$ -то же у наружной поверхности ограждения, ккал/(м<sup>2</sup> ч град), представлен в табл.1.32;  $R_{b.n.}$  значение термического сопротивления замкнутых воздушных прослоек, ккал/(м<sup>2</sup> ч град), представлен в табл. 1.33;  $\delta$  -толщина каждого слоя ограждения, м;  $\lambda$  -коэффициент теплопроводности материала каждого слоя ограждения, ккал/(м<sup>2</sup> ч град), представлен в табл. 1.34.

Таблица 1.30

**Значения коэффициента n [6 ]**

Характеристика ограждений	Коэффициент n к расчетной разности температур
1.Чердачные перекрытия при стальной, черепичной кровлях по разреженной обрешетке или бесчердачные перекрытия с вентилируемыми продухами	0,9
2.То же по сплошному настилу	0,8
3.Чердачные перекрытия при кровлях из рулонных материалов	0,75
4.Ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, не сообщающихся с наружным воздухом	0,4
5.Ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, сообщающихся с наружным воздухом (тамбуры)	0,7

Таблица 1.31

**Сопротивление теплопередаче стеновых конструкций и покрытий**

Тип и конструкция ограждения	$\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Толщина, мм	$R_o$ , ккал/(м <sup>2</sup> ч град)	
			режим А	режим Б
<b>Панели для наружных стен</b>				
1. Железобетон	2400	30	1,73	1,3
2. Керамзитобетон	900	200	1,05	0,9
3. Керамзитобетон	1600	200	1,03	0,86
4. Ячеистый бетон	700	200	1,23	1,11
<b>Покрытия производственных зданий с водоизоляционным ковром</b>				
5. Керамзитобетон	800	100	0,74	0,64
6. Пенобетон	750	100	0,71	0,64
7. Автоклавный ячеистый бетон	750	140	0,91	0,84

Таблица 1.32

**Термические сопротивления теплопереходу поверхностей ограждений  $R_v, R_n$** 

Поверхность ограждения	$R_v$ и $R_n$ , ккал/(м <sup>2</sup> ч град)
1. Внутренняя- стен, полов, потолков (отношение высоты $h$ которых к расстоянию $d$ между ними $h/d < 0,2$ )	0,133
2. Внутренняя –потолков (ребристая при отношении $h/d$ от 0,2 до 0,3 )	0,143
3. Наружная- стен и бесчердачных перекрытий	0,05
4. Наружная –потолков, выходящих на чердак	0,143
5. Поверхность над холодными подвалами и подпольями	0,2

Таблица 1.33

**Термические сопротивления замкнутых воздушных прослоек  $R_{в.п}$** 

Толщина прослойки, мм	$R_{в.п}$ , ккал/(м <sup>2</sup> ч град)	
	горизонтальные и вертикальные прослойки при потоке тепла снизу вверх	горизонтальные прослойки при потоке тепла сверху вниз
12	0,17	0,18
20	0,18	1,22
30	0,19	0,24
50	0,20	0,26
100	0,21	0,27
150	0,21	0,28
200-300	0,22	0,28

Таблица 1.34

**Коэффициенты теплопроводности и удельной теплоемкости некоторых строительных материалов и изделий [12]**

Материалы	Удельная теплоемкость, С ккал/(кг/ град)	Объемный вес $\gamma$ кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ ккал/(м <sup>2</sup> ч град)	
			режим А	режим Б
Асбестоцементные плиты	0,2	1900	0,25	0,3
Железобетон	0,2	2500	1,2	1,4
Керамзитобетон	0,2	1800	0,65	0,7
Песчаник	0,22	2400	1,5	1,75
Известняк	0,22	2000	0,9	1,0
Асфальтобетон	0,4	2100	0,9	0,9
Вата минеральная	0,18	150	0,045	0,06
Плиты древесноволокнистые	0,6	1000	0,24	0,29

### 1.13. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛА НА НАГРЕВАНИЕ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА, МАТЕРИАЛОВ И ТРАНСПОРТА, ПОСТУПАЮЩИХ В ПОМЕЩЕНИЕ

Расчет предназначен для того, чтобы посчитать общие потери тепла при отоплении здания и определить мощности отопительных установок.

#### Задание

Требуется определить общие потери тепла через внешние ограждения здания механического цеха размером  $A \times B \times C$  (м). Стены кирпичные толщиной 380 мм. Количество воздуха, инфильтрующегося в цех через щели в окнах и фонаре,  $G$ , кг/ч. Количество поступающего воздуха через ворота  $G_M$  м<sup>3</sup>/ч. В цехе в течении часа находится одна автомашина с грузом металла 2 т. Исходные данные представлены в табл. 1.35.

Таблица 1.35

#### Исходные данные

Вариант	A, м	B, м	C, м	$t_n, ^\circ\text{C}$	$t_b, ^\circ\text{C}$	G, кг/ч	$G_M, \text{ м}^3/\text{ч}$
1	100	24	20	-25	15	3000	80000
2	80	20	20	12	20	3600	60400
3	80	24	24	-24	18	2400	68000
4	100	30	20	5	18	2000	74000
5	80	24	20	10	16	1800	76000
6	100	24	20	-25	16	1600	82200
7	80	20	20	5	19	2600	80460
8	80	24	24	12	18	2800	72000
9	100	30	20	6	19	3200	80400
10	80	24	20	10	20	3400	78200

Расчет ведем в следующей последовательности:

1. Определяем дополнительное тепло для нагрева наружного воздуха, инфильтрующегося через щели притворов  $o$  по формуле

$$Q_{\text{доп.}} = 0,24G (t_b - t_n) \text{ (ккал/ч)}, \quad (1.104)$$

где  $G$  - количество воздуха, инфильтрующегося через притворы, кг/ч;  
 $t_n, t_b$  - расчетные температуры наружного и внутреннего воздуха, °С.

Количество инфильтрующегося воздуха определяется только с наветренной стороны.

2. Рассчитываем количество тепла  $Q_T$ , расходуемого на нагрев поступающих извне полуфабрикатов, сырья, средств транспорта и т. д.

$$Q_T = \sum G_m c B (t_b - t_n), \quad (1.105)$$

где  $G_m$  - вес поступающего извне однородного материала, деталей транспорта и т. д., кг/ч;  $c$  - удельная теплоемкость материала, ккал/(кг·град) (принимается  $c=0,2$ ;  $t_m$  - температура материала, °С (для металла и изделий из него  $t_m = t_n$ ; для нессыпучих материалов  $t_m = t_n - 10^\circ \text{C}$ ; для сыпучих материалов  $t_m = t_n - 15^\circ \text{C}$ );  $B$  - коэффициент, учитывающий интенсивность поглощения тепла ( $B=0,5$ ).

3. Определяем общие потери.

#### **1.14. РАСЧЕТ ПРИТОЧНО\_ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ ДАЛЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ТЕПЛОТЫ, ВОДЯНЫХ ПАРОВ, ГАЗОВ И ПЫЛИ**

Предназначен для создания в помещениях комфортной воздушной среды, удовлетворяющей гигиеническим нормам и технологическим требованиям.

Процесс создания в помещениях комфортной воздушной среды, удовлетворяющей гигиеническим нормам и технологическим требованиям, зависит от характера помещений, температуры окружающей среды и наличия вредных выделений. Воздух в помещениях должен быть чистым, а относительная влажность и температура воздуха должны соответствовать гигиеническим требованиям, предусмотренным ГОСТ 12.1005-88 ССБТ «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования».

#### **Задание**

В рабочих помещениях, где имеются источники выделения теплоты, влаги требуется дополнительная приточно-вытяжная вентиляция. Необходимо :

1. Рассчитать объем воздуха  $V_b$  (м<sup>3</sup>/ч), необходимый для удаления избыточной теплоты из цеха.

2. Рассчитать объем воздуха  $V_n$  (м<sup>3</sup>/ч), необходимый для удаления паров из цеха.

Исходные данные представлены в табл. 1.36 - 1.37.

Таблица 1.36

**Исходные данные  
для расчета удаления избыточной теплоты**

Вариант	F, м <sup>2</sup>	t <sub>пов.</sub> °C	t <sub>норм.</sub> °C	M, кг	t <sub>м</sub> , °C	P, кВт	V <sub>р</sub> , м <sup>3</sup>	C <sub>м</sub> , Вт/(м <sup>2</sup> ч °C)
1	20	45	23	250	100	50	3600	0,20
2	26	50	20	300	120	60	2800	0,21
3	40	40	21	220	78	50	3800	0,22
4	16	55	22	200	90	60	2800	0,23
5	36	35	23	350	98	50	4800	0,24
6	28	40	22	340	106	60	4200	0,25
7	30	50	20	320	116	50	2600	0,22
8	40	48	21	180	114	60	3600	0,23
9	34	46	22	200	100	50	4000	0,24
10	24	40	23	250	80	60	4200	0,25

Таблица 1.37

**Исходные данные  
для расчета удаления избыточных паров**

v, м/с	ρ, кг/м <sup>3</sup>	η, %	P, Н/м <sup>2</sup>	K <sub>з</sub>	V <sub>сум</sub> , м <sup>3</sup>	F <sub>исп</sub> , м <sup>2</sup>
0,50	0,79	0,2	1·10 <sup>5</sup>	1,2	6,0	100
0,20	0,84	0,25	1,5·10 <sup>5</sup>	1,3	7,0	120
0,26	0,92	0,5	2·10 <sup>5</sup>	1,4	8,0	140
0,30	1,22	0,2	2,5·10 <sup>5</sup>	1,5	9,0	160
0,40	1,36	0,25	3·10 <sup>5</sup>	1,6	10,0	100
0,50	1,52	0,5	1,4·10 <sup>5</sup>	1,7	6,0	160
0,20	1,32	0,2	3·10 <sup>5</sup>	1,8	7,0	140
0,26	1,44	0,25	2,5·10 <sup>5</sup>	1,5	8,0	120
0,30	1,4	0,5	1,2·10 <sup>5</sup>	1,8	9,0	160
0,40	1,46	0,25	1,5·10 <sup>5</sup>	1,2	10,0	160



Расчет ведем в следующей последовательности:

*Удаление избыточной теплоты*

1. Определяем объем воздуха  $V_B$ , необходимый для удаления избыточной теплоты, по формуле

$$V_B = 3,6 \cdot Q / [(t_{\text{норм.}} - t_{\text{пн.}}) \lambda_B \rho_B] \text{ (м}^3/\text{ч)}, \quad (1.106)$$

где  $Q$  - количество выделяющейся в помещение избыточной теплоты, Вт/ч;  $t_{\text{норм.}}$ ,  $t_{\text{пн.}}$  - нормально допустимая температура воздуха в рабочем помещении и температура поступающего (наружного) воздуха, °С (примем  $t_{\text{пн.}} = 19^\circ\text{C}$ );  $\lambda_B$  - удельная теплоемкость воздуха в кДж/кг°С (принимаем равную 32 кДж/кг°С);  $\rho_B$  - плотность приточного воздуха в кг/м<sup>3</sup> (принимаем равную, 1,2 кг/м<sup>3</sup>).

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ (Вт/ч)}. \quad (1.107)$$

2. Рассчитываем выделение теплоты поверхностями оборудования, трубопроводами, батареями отопления и другими агрегатами по формуле

$$Q_1 = F \cdot k \cdot (t_{\text{пов.}} - t_{\text{норм.}}) \text{ (Вт/с)}, \quad (1.108)$$

где  $F$  - площадь тепловыделяющей поверхности, м<sup>2</sup>; коэффициент теплоотдачи Вт/(м<sup>2</sup>·ч·°С) (принимаем равный 3 Вт/(м<sup>2</sup>·ч·°С);  $t_{\text{пов.}}$  - температура тепловыделяющей поверхности, °С;

3. Определяем выделение теплоты хранимой в рабочем помещении горячей продукции  $Q_2$ , Вт/ч по формуле

$$Q_2 = M \cdot C_M (t_M - t_{\text{норм.}}) \beta \text{ (Вт/с)}, \quad (1.109)$$

где  $M$  - масса нагретой продукции, хранимой в рабочем помещении, кг;  $C_M$  - теплоемкость материала хранимой продукции (усредненная теплоемкость нагретой массы продукции, принимаем равной 19), Вт/(м<sup>2</sup>·ч·°С);  $t_M$  - температура массы продукции по фактическому замеру, °С;  $\beta$  - поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность остывания массы продукции (принимаем равный 1,4).

4. Определяем выделение теплоты от работающих электрических нагревательных и силовых устройств по формуле

$$Q_3 = P \eta f \varphi \text{ (кВт)}, \quad (1.110)$$

где  $P$  - установочная мощность электрических устройств, кВт;  $\eta$  - коэффициент перехода электрической энергии в тепловую (на практике принимается равным 0,58);  $f$  - коэффициент использования установочной мощности электрических устройств, приближенно для расчетов

принимается равным 0,75;  $\phi$  - поправочный коэффициент, учитывающий одновременность работы тепловыделяющих электрических устройств (приблизительно при оценках принимается равным 0,9).

Окончательным результатом расчета теплового воздухоотвода является величина кратности воздухообмена  $N$ , определяемая как отношение объема  $V_B$  воздуха, необходимого для удаления избыточной теплоты  $Q$ , к объему рабочего помещения  $V_p$ .

$$N = V_B/V_p, \text{ 1/ч.} \quad (1.111)$$

#### Удаление избыточных паров

5. Находим объем воздуха, необходимый для удаления паров, по формуле

$$V_B = \frac{W10^3}{d_y - d_{II}} \rho_B \text{ (м}^3\text{/ч)}, \quad (1.112)$$

где  $W$  - количество выделяющейся в помещении влаги, кг/ч;  $d_y, d_{II}$  - количество водяных паров в удаляемом из помещения воздухе и в воздухе, поступающем в помещение, г/кг (определяются по диаграмме зависимости относительной влажности атмосферного воздуха от температуры рис. 1.5);  $\rho_B$  - плотность воздуха при данной температуре, кг/м<sup>3</sup>, (табл.1.38)

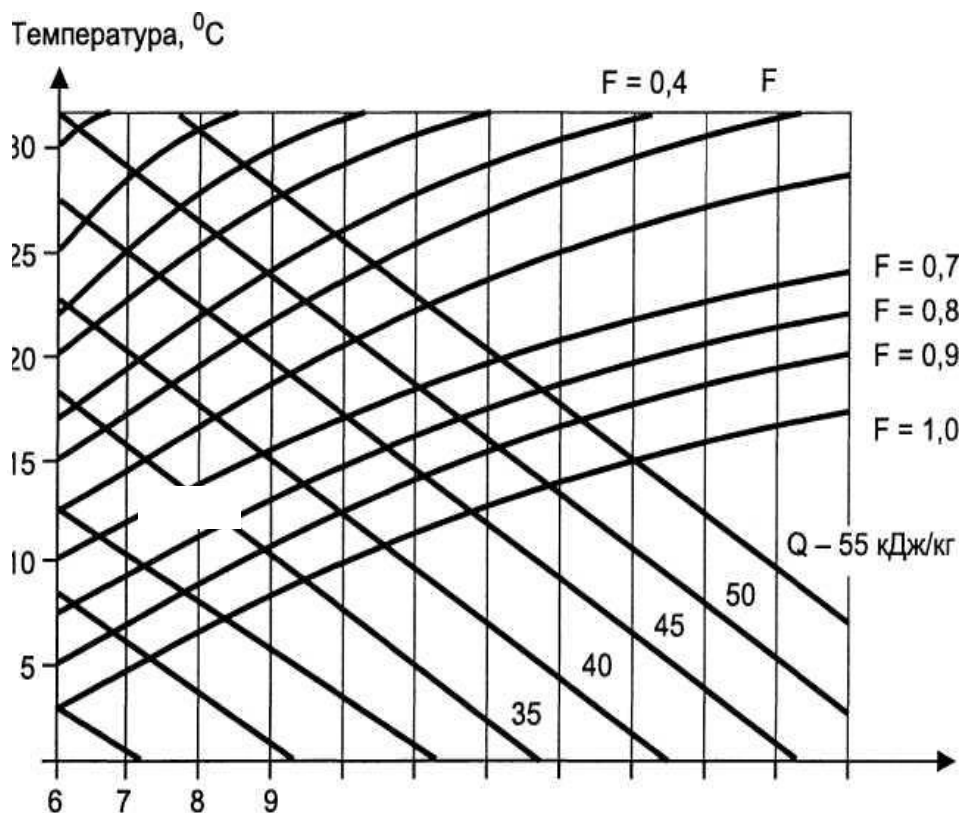


Рис.1.5. Диаграмма определения направления линии процесса ассимиляции теплоты и влаги при различных температурах воздуха

Таблица 1.38

*Плотность воздуха  $\rho_B$ ,  $10^{-3} \text{ г/см}^3$* 

Температура, °С	0	4	8	10	14	18	20	22	24	26	28	30
Плотность, $\rho_B$	1,293	1,274	1,256	1,247	1,23	1,213	1,205	1,197	1,190	1,181	1,173	1,165

Количество выделяющейся в помещение влаги  $W$  зависит от условий, в которых находится рассматриваемое производственное помещение.

$$W = W_1 + W_2 + W_3, \text{ (кг/ч)}. \quad (1.113)$$

6. Рассчитаем выделение влаги путем испарения с некоторой поверхности  $W_1$ . В этом случае количество влаги, выделяемой размером  $F$  рассчитывается по формуле

$$W_1 = F (a + 0,017 v)(P_2 - P_1) \text{ (кг/ч)}, \quad (1.114)$$

где  $F$  - поверхность испарения воды,  $\text{м}^2$ ;  $a$  - фактор гравитационной подвижности окружающей среды (при оценочных расчетах принимается равным 0,022);  $v$  - скорость воздуха над источником испарения,  $\text{м/с}$ ;

$P_2, P_1$  - давление водяных паров при давлении насыщения, давление водяных паров в воздухе помещения при данной температуре,  $\text{гПа}$ .

7. Определим выделение влаги и газов через неплотности в различных соединениях оборудования по формуле

$$W_2 = 10^{-10} \eta \cdot k_3 \left( \frac{P}{P_0} \right) \cdot V_{\text{сум}} \cdot \rho \text{ (кг/ч)}, \quad (1.115)$$

где  $\eta$  - коэффициент, учитывающий часовые потери герметичности, %;

$k_3$  - коэффициент запаса, определяющий состояние оборудования;

$P$  - рабочее давление в оборудовании,  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_0$  - давление в рабочем помещении,  $\text{Н/м}^2$  (в оценочных расчетах принимается равным  $10^5 \text{ Н/м}^2$ );

$V_{\text{сум}}$  - внутренний суммарный объем всего оборудования и коммуникаций, установленных в данном рабочем помещении,  $\text{м}^3$ ;

$\rho$  - плотность паров и газов, выделяющихся через уплотнения,  $\text{кг/м}^3$ .

8. Находим объем газов и паров, выделяемых со свободной поверхности жидкости, содержащей химические вещества, по формуле

$$W_3 = M_M (0,000352 + 0,000786 \cdot v) \cdot F \cdot \beta \quad (\text{кг/ч}), \quad (1.116)$$

где  $M_M$  - относительная молекулярная масса испаряющейся жидкости (принимается равной 100);  $v$  - скорость перемещения воздуха над поверхностью испарения, м/с;  $\beta$  - упругость пара жидкости, насыщающего воздух при температуре жидкости (принимается равным 10), Па;

Окончательным результатом расчета является величина кратности воздухообмена  $N$ .

$$N = V_B / V_P, 1/\text{ч} \quad (1.117)$$

### 1.15. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ НА ОПРОКИДЫВАНИЕ

Расчет предназначен для определения устойчивости подпорной стенки на обрушение.

#### Задание

Рассчитать устойчивость подпорной стенки на опрокидывание при следующих условиях: высота подпорной стенки  $H$ , м; ее толщина  $\delta$ , м; объемная масса кладки  $\gamma$ , т/м<sup>2</sup>. Грунт влажный. Угол внутреннего трения  $\varphi$ , рад.

Исходные данные представлены в табл. 1.39.

Таблица 1.39

#### Исходные данные

Вариант	$H$ , м	$\delta$ , м	$\gamma$ , т/м <sup>2</sup>	$\varphi$ , рад
1	2	0,25	2,0	1,22
2	3	0,5	1,4	0,61
3	2,5	0,25	1,5	0,69
4	2,8	0,5	2,0	0,34
5	2	0,25	2,5	0,69
6	1,8	0,25	1,8	0,61
7	1,5	0,5	1,4	0,34
8	3	0,25	2,0	1,22
9	2,5	0,5	1,8	0,69
10	2	0,25	2,5	0,34

Устойчивость будет обеспечена, если  $M_y > M_o$ .  $M_y$  - удерживающий момент, Н·м;  $M_o$  - опрокидывающий момент, Н·м. Если устойчивость стенки на опрокидывание не обеспечивается, т.е.  $M_y < M_o$ , то следует подобрать новую толщину стенки, м, по формуле

$$\delta = \sqrt{\frac{2,22M_o}{9,8\gamma H}}, \quad (1.118)$$

$$M_y = 8,82P \frac{\delta}{2}, \quad (1.119)$$

где  $P$  - масса полосы стенки длиной  $a$  (примем  $a=1$  м).

$$P = \gamma \cdot H \cdot \delta \cdot a \text{ (кг)}; \quad (1.120)$$

$$M_o = \left( E_{акт.} \frac{H}{3} + E_n \frac{H}{2} \right), \quad (1.121)$$

где  $E_{акт.}$  - активное усилие грунта на стенку, Па;  $E_n$  - усилие на стенку от временной нагрузки, Па.

$$E_{акт.} = 4,9H^2 \gamma \cdot tg^2 \left( 0,785 - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (1.122)$$

$$E_n = 9,8H \cdot tg^2 \left( 0,785 - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (1.123)$$

### 1.16. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СТЕНКИ НА ОПРОКИДЫВАНИЕ

Расчет предназначен для определения устойчивости противопожарной стенки на обрушение против ветровой нагрузки.

#### Задание

Оценить устойчивость противопожарной стенки на обрушение против ветровой нагрузки при следующих условиях: высота стенки  $H$ , м; противопожарная стенка разделяет здание до фонаря  $h_1$ , м, с высотой гребня стены  $h_2$ . Площадь полосы противопожарной стенки  $1 \text{ м}^2$ , на нее действует  $F_{1м}$  - ветровой напор с наветренной стороны и  $F_2$  м - с подветрен-

ной. Объемная масса кирпича кладки  $\gamma$ , кг/м<sup>3</sup>; толщина кирпичной кладки  $\delta$  (м); нормативный скоростной напор  $q_0$ , м<sup>2</sup>.

Исходные данные представлены в табл. 1.40

Устойчивость стенки будет обеспечена, если  $M_y > M_0$ , если условие не обеспечивается, то следует подобрать толщину стенки.

Таблица 1.40

**Исходные данные**

Вариант	H, м	F <sub>1</sub> , м <sup>2</sup>	F <sub>2</sub> , м <sup>2</sup>	h <sub>1</sub> , м	h <sub>2</sub> , м	$\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	$\delta$ , м	q <sub>0</sub> , м <sup>2</sup>
1	10	1,0	9	7	1	1800	0,4	270
2	10	1,25	8	6	0,5	1800	0,3	350
3	10	1,5	7	8	0,8	1800	0,25	450
4	10	1,75	6	9	0,9	1800	0,5	550
5	10	2,0	7	7	1	1800	0,4	700
6	10	1,0	8	6	0,6	1800	0,3	550
7	10	2,0	9	8	0,8	1800	0,25	450
8	10	1,75	5	6	0,7	1800	0,4	350
9	10	1,5	6	7	0,6	1800	0,3	270
10	10	1,25	9	9	1	1800	0,25	550

Расчет производим в следующей последовательности:

1. Подбираем толщину стенки, по формуле

$$\delta = \sqrt{\frac{2,22M_0}{9,8\gamma H}} \text{ (м)}. \quad (1.124)$$

2. Определяем опрокидывающий момент, по формуле

$$M_0 = P'_B(H - 0,5h_2) + P_B \frac{h_1}{2} \text{ (Н·м)}, \quad (1.125)$$

где  $P'_B$  - расчетная ветровая нагрузка, действующая на часть противопожарной стенки с наветренной стороны:

$$P'_B = 1,4nq_0 F_1 \text{ (Н)}, \quad (1.126)$$

где  $n$  - коэффициент перегрузки ( $n=1,3$ );  $P_B$  - расчетная ветровая нагрузка, действующая на противопожарную стенку с подветренной стороны:

$$P_B = 0,6nq_0 F_2 \text{ (Н)}. \quad (1.127)$$

3. Определяем удерживающий момент, по формуле

$$M_y = 8,82P \frac{\delta}{2} \text{ (Н·м)}, \quad (1.128)$$

где  $P$  - масса полосы стенки, длиной  $a=1$  м.

$$P = \gamma \cdot H \cdot \delta \cdot a \text{ (кг)}. \quad (1.129)$$

## 1.17. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АДАПТИЦИОННЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ, ТЕСТА МПК

С помощью расчета можно определить физическую работоспособность и резервные способности адаптационных систем организма человека.

### Задание

Работа проводится в группе. Перед выполнением нагрузки у испытуемого определяют массу тела. Затем по команде экспериментатора испытуемый начинает восхождение на ступеньку в среднем темпе (20 восхождений в минуту) в течение 4-х минут. По полученным результатам делается вывод о физическом состоянии студента.

Наиболее распространен косвенный метод определения МПК, метод «степ-теста» (восхождение на ступеньку высотой 30-35 см для детей и 50 см для взрослых).

Зная массу тела испытуемого, высоту скамейки и количество циклов в минуту [13]:

1. Рассчитаем мощность работы по формуле

$$N = P \cdot h \cdot n \cdot K \text{ (кг/мин);} \quad (1.130)$$

где  $P$  - масса испытуемого, кг;  $h$ -высота скамейки, м;  $n$  - число циклов;  $K$  - коэффициент, учитывающий величину работы при спуске со ступеньки (табл. 1.41).

2. Определяем по формуле Добельна величину МПК:

3.

$$МПК = \frac{A \cdot N}{H - П} K \text{ (л/мин),} \quad (1.131)$$

где  $H$  - пульс на 5-й минуте, уд/мин;  $A$  - коэффициент поправки в зависимости от возраста и пола (табл. 1.42);  $П$ - возрастно-половой коэффициент поправки к пульсу (табл.табл.1.42);  $K$ - возрастной коэффициент (табл.1.43)

Таблица 1.41

### *Коэффициенты подъема и спуска для детей и взрослых*

Возраст, лет	Коэффициент подъема и спуска	
	Мальчики	Девочки
8-12	1,2	1,2
13-14	1,3	1,3
15-16	1,4	1,3
17 и более	1,5	1,5

Таблица 1.42

*Поправочный коэффициент в зависимости от возраста и пола*

Возраст, годы	Коэффициент А		Коэффициент П	
	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
6-8	1,05	0,80	-30	-30
9	1,11	0,85	-30	-30
10	1,11	0,95	-30	-30
11	1,15	0,95	-40	-30
12-13	1,20	0,98	-50	-40
14	1,25	1,05	-60	-40
15	1,27	1,05	-60	-40
16	1,29	1,10	<b>-60</b>	-40
Взрослые	1,29	1,29	<b>-60</b>	-40

Таблица 1.43

*Величина возрастного коэффициента*

Возраст, лет	К	Возраст, лет	К	Возраст, лет	К
6-8	0,931	14	0,883	20	0,834
9	0,922	15	0,878	21	0,831
10	0,914	16	0,868	22	0,823
11	0,907	17	0,860	23	0,817
12	0,900	18	0,853	24	0,809
13	0,891	19	0,846	25	0,799

3. Рассчитываем относительную величину МПК (на кг массы тела) по формуле

$$\text{МПК/кг} = \text{МПК, мл/мин} : P$$

(1.132)

Сравнивая полученные результаты с данными оценочной табл. 1.44, определяют уровень физической работоспособности:

По результатам работы делают вывод об адаптивных возможностях и состоянии здоровья человека.



**Оценка физической работоспособности по показателям МПК, кг**

Возраст, лет	МПК, мл/мин/кг		Оценка
	Мужчины	Женщины	
6-8	44,0	37,5	Низкая Удовлетворительная Высокая
	52,0	42,0	
	54,0	49,5	
10-11	43,0	41,6	Низкая Удовлетворительная Высокая
	45,0	43,6	
	47,0	45,6	
12-13	41,0	37,5	Низкая Удовлетворительная Высокая
	43,0	39,5	
	45,0	41,5	
14-15	43,6	35,5	Низкая Удовлетворительная Высокая
	45,5	37,5	
	47,5	39,5	
16-18	42,0	35,0	Низкая Удовлетворительная Высокая
	45,0	38,0	
	47,0	41,0	
19-28	29,4	28,0	Низкая Удовлетворительная Высокая
	38,2	40,0	
	47,0	44,0	
29-39	27,0	30	Низкая Удовлетворительная Высокая
	35,0	34	
	43,6	41	
50-59	25	26	Низкая Удовлетворительная Высокая
	31	32	
	37	40	

## II. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ АВТОПАРКА

С помощью расчета можно определить качество атмосферного воздуха в автопарке при массовом выезде техники.

#### Задание

1. Для каждого загрязняющего вещества (ЗВ) определить максимальный разовый выброс. 2. Для каждого загрязняющего вещества определить его концентрация в приземном слое воздуха. 3. Сравнить концентрации ЗВ с ПДК<sub>м.р.</sub> (табл.2.12) и сделать вывод о качестве атмосферного воздуха на территории автопарка. При превышении концентрации ЗВ значения ПДК<sub>м.р.</sub> разработать предложения по уменьшению количества ЗВ, поступающих в атмосферный воздух. В расчете рассматривается пять загрязняющих веществ: оксид углерода (СО), углеводороды (СН), оксиды азота (в пересчете на диоксид азота NO<sub>2</sub>), сажа (С) и соединения свинца (Рb). Для автомобилей с карбюраторными двигателями рассчитывается выброс СО, СН, NO<sub>2</sub> и Рb, для автомобилей с дизельными двигателями – СО, СН, NO<sub>2</sub> и С. Исходные данные представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1

#### Исходные данные

Исходные данные	ВАРИАНТЫ				
	1	2	3	4	5
ЗВ	С, СН	СО, Рb	СН, Рb	NO <sub>2</sub> , Рb	NO <sub>2</sub> , СО
Период года	холодный	теплый	теплый	холодный	холодный
Температура воздуха, t <sub>пр</sub> , °С	от -10 до -15	от 5 до -5	от 5 до -5	от -5 до -10	от -10 до -15
Класс автомобиля	грузовой автомобиль, грузоподъемностью (q), кг, 1000<q<3000	особо малый автобус (РАФ, УАЗ)	легковой автомобиль (находящийся на открытой стоянке)	малый автобус (ПАЗ)	икарус-250 (большой автобус)
Тип двигателя	дизельный	карбюраторный	карбюраторный	карбюраторный	дизельный
L <sub>к</sub> , км	10	10	15	15	20
t <sub>ххк</sub> , мин	10	15	20	15	10
Количество групп автомобилей	3	3	3	3	3
N <sub>к</sub>	10	10	10	10	10
Вид контроля	Контроль при ТО	Контроль при ТО	Контроль при ТО	Контроль при ТО	Контроль при ТО

Расчет производим в следующей последовательности:

1. Определяем максимальный разовый выброс оксида углерода (CO), углеродов (CH), оксидов азота (в пересчете на диоксид азота NO<sub>2</sub>), сажи (C) - G<sub>i</sub>, г/с.

$$G_i = \frac{\sum_{k=1}^p (M_{npik} \cdot t_{np} + M_{Lik} \cdot L_k + M_{xxik} t_{xxk}) \cdot a_e \cdot N_k}{60t_p}, \quad (2.1)$$

где: G<sub>i</sub> – максимальный разовый выброс i-го вещества, г/с; M<sub>npik</sub> – удельный выброс i-го вещества при прогреве двигателя автомобиля k-й группы, г/мин; t<sub>np.</sub> – время прогрева двигателя, мин; M<sub>Lik</sub> – пробеговый выброс i-го вещества при движении автомобиля k-й группы по территории с относительно постоянной скоростью, г/км; L<sub>k</sub> – пробег по территории одного автомобиля в день при выезде, км; M<sub>xxik</sub> – удельный выброс i-го вещества при работе двигателя на холостом ходу, г/мин; t<sub>xxk</sub> – время работы двигателя на холостом ходу при выезде с территории автопарка, мин; a – коэффициент выпуска; N<sub>k</sub> – количество автомобилей k-й группы в хозяйстве; p – количество групп автомобилей; t<sub>p</sub> – время выезда автомобилей, мин (если оно не известно, то принимается равным 90 мин).

Значения M<sub>npik</sub>, M<sub>Lik</sub>, M<sub>xxik</sub> для различных групп автомобилей приведены в табл. 2.2-2.8. Приведенные в таблицах значения отражают категорию автомобилей, структуру парка по грузоподъемности, тип двигателя и используемое топливо, организацию контроля содержания вредных веществ в отработавших газах, период года.

Таблица 2.2

**Удельные выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями при хранении на закрытых стоянках**

Вид выброса	Обозначение выбросов	Загрязняющие вещества		
		CO	CH	NO <sub>2</sub>
Удельный выброс при прогреве ДВС, г/мин	M <sub>npik</sub>	5,0	0,7	0,05
Удельный импульс при работе ДВС на холостом ходу, г/мин	M <sub>xxik</sub>	4,5	0,4	0,05
Пробеговый выброс при движении со скоростью 10-20 км/ч, г/км	M <sub>Lik</sub>	17,0	1,7	0,4
Пробеговый выброс при движении по пандусу, г/км	M <sub>нк</sub>			
		спуск	4,5	0,4
подъем		20,0	1,5	3,0

Примечание: Для газобаллонных автомобилей выбросы CO и CH должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ).

Таблица 2.3

**Удельные выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями при хранении на открытых стоянках**

Вид выброса	Выбросы	Загрязняющие вещества					
		СО		СН		NO <sub>2</sub>	
		Периоды года					
		Теп- лый	Холод- ный	Теп- лый	Холод- ный	Теп- лый	Холод- ный
Удельный выброс при прогреве ДВС, г/мин	M <sub>прик</sub>	5,0	9,1	0,4	1,0	0,05	0,1
Удельный импульс при работе ДВС на холостом ходу, г/мин	M <sub>ххик</sub>	4,5	4,5	0,4	0,4	0,05	0,05
Пробеговый выброс при движении со скоростью 10-20 км/ч, г/км	M <sub>Лик</sub>	17,0	21,3	1,7	2,5	0,5	0,3

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

2. В переходный период выбросы СО и СН должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO<sub>2</sub> равны выбросам в холодный период.

Таблица 2.4

**Пробеговые выбросы загрязняющих веществ грузовыми автомобилями**

Грузо-подъем- ность, кг	Тип двигате-ля	Пробеговый выброс загрязняющего вещества, M <sub>Лк</sub> ,г/км							
		СО		СН		NO <sub>2</sub>		С	
		Периоды года							
		теп- лый	холод- ный	теп- лый	холод- ный	теп- лый	холод- ный	теп- лый	холод- ный
q ≤ 1000	Карбюраторный	19,6	24,3	3,5	4,2	0,4	0,3	-	-
1000 < q < 3000	Карбюраторный дизельный	27,6	34,4	4,9	6,0	0,6	0,5	-	-
		3,2	3,9	0,6	0,7	2,5	2,3	0,2	0,3
2000 < q < 6000	Карбюраторный дизельный	47,4	59,3	8,5	10,3	1,0	0,8	-	-
		4,1	5,0	0,7	1,0	3,0	2,4	0,2	0,3
q > 6000	Карбюраторный дизельный	55,3	68,8	9,9	11,9	1,2	0,9	-	-
		5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	2,7	0,2	0,3

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

2. В переходный период выбросы СО, должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO<sub>2</sub> равны выбросам в холодный период.

Таблица 2.5

**Удельные выбросы загрязняющих веществ грузовыми автомобилями в процессе прогрева двигателя**

Грузо-подъемность, кг	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ, $M_{\text{прлк}}$ , г/мин							
		СО		СН		NO <sub>2</sub>		С	
		<i>Периоды года</i>							
		теп-лый	хо-лод-ный	теп-лый	хо-лод-ный	теп-лый	хо-лод-ный	теп-лый	хо-лод-ный
$q \leq 1000$	Карбюраторный	4,5	$\frac{9,1}{6,2}$	0,4	$\frac{1,0}{0,65}$	0,05	$\frac{0,1}{0,05}$	-	-
$1000 < q < 3000$	Карбюраторный	8,1	$\frac{21,8}{14,2}$	1,6	$\frac{3,6}{2,4}$	0,1	$\frac{0,2}{0,1}$	-	-
	Дизельный	1,54	$\frac{2,36}{1,92}$	0,2	$\frac{0,5}{0,32}$	0,45	$\frac{0,65}{0,62}$	0,01	$\frac{0,08}{0,05}$
$2000 < q < 6000$	Карбюраторный	18,1	$\frac{44,5}{26,1}$	2,9	$\frac{8,5}{5,1}$	0,2	$\frac{0,3}{0,2}$	-	-
	Дизельный	2,8	$\frac{4,37}{3,6}$	0,3	$\frac{0,8}{0,54}$	0,62	$\frac{0,34}{0,62}$	0,03	$\frac{0,21}{0,12}$
$q > 6000$	Карбюраторный	23,4	$\frac{57,2}{33,8}$	3,3	$\frac{9,1}{6,3}$	0,2	$\frac{0,3}{0,2}$	-	-
	Дизельный	2,9	$\frac{8,18}{5,3}$	0,4	$\frac{1,1}{0,7}$	1,0	$\frac{2,0}{1,0}$	0,04	$\frac{0,35}{0,18}$

Примечания: 1. Для холодного периода в числителе приведены данные для автомобилей, хранящихся на открытых площадках без средств подогрева, в знаменателе – при наличии средств подогрева.

2. В переходный период выбросы СО и СН должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO<sub>2</sub> равны выбросам в холодный период.

3. Для газобаллонных автомобилей выбросы СО, СН и С должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ).

**Пробеговые выбросы загрязняющих веществ автобусами**

Грузо- подъем- ность, кг	Тип дви-гателя	Пробеговой выброс загрязняющего вещества, ( $M_{Lk}$ ) г/км							
		СО		СН		NO <sub>2</sub>		С	
		Периоды года							
		теп- лый	хо- лод- ный	теп- лый	хо- лод- ный	теп- лый	хо- лод- ный	теп- лый	хо- лод- ный
Особо малый (РАФ, УАЗ)	Карбюра- торный	19,5	24,3	3,5	4,2	0,4	0,3	-	-
Малый (ПАЗ)	Карбюра- торный	27,6	34,4	4,9	6,0	0,6	0,5	-	-
Средний (ГАЗ)	Карбюра- торный	47,4	59,3	8,5	10,3	1,0	0,8	-	-
Большой (ЛАЗ, ЛИАЗ) Икарус-250	Карбюра- торный	55,3	68,8	9,9	11,9	1,2	0,9	-	-
	дизельный	5,1	6,2	0,9	1,1	3,5	2,7	0,2	0,3
Особо большой (Икарус- 280)	дизельный	7,5	9,3	1,1	1,3	4,5	3,5	0,3	0,4

**Примечания:** 1. Для газобаллонных автобусов выбросы СО и СН должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ).

2. В переходный период СО, СН и С должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO<sub>2</sub> равны выбросам в холодный период.

Таблица 2.7

**Удельные выбросы загрязняющих веществ автобусами в процессе прогрева двигателя**

Грузо-подъемность, кг	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ, $M_{\text{прик}}$ , г/мин							
		СО		СН		NO <sub>2</sub>		С	
		Периоды года							
		теплый	холодный	теплый	холодный	теплый	холодный	теплый	холодный
Особо малый (РАФ, УАЗ)	Карбюраторный	4,5	$\frac{9,1}{6,2}$	0,4	$\frac{1,0}{0,65}$	0,05	$\frac{0,1}{0,05}$	-	-
Малый (ПАЗ)	Карбюраторный	8,1	$\frac{21,8}{14,2}$	1,6	$\frac{3,6}{2,4}$	0,1	$\frac{0,2}{0,1}$	-	-
Средний (ГАЗ)	Карбюраторный	18,1	$\frac{44,5}{26,1}$	2,9	$\frac{8,7}{5,4}$	0,2	$\frac{0,3}{0,2}$	-	-
Большой (ЛАЗ, ЛИАЗ) (Икарус-250)	Карбюраторный	23,4	$\frac{57,2}{33,8}$	3,3	$\frac{9,1}{6,3}$	0,2	$\frac{0,3}{0,2}$	-	-
	дизельный	2,9	$\frac{8,18}{5,3}$	0,4	$\frac{1,1}{0,7}$	1,0	$\frac{2,0}{1,0}$	0,04	$\frac{0,35}{0,18}$
Особо большой (Икарус-280)	дизельный	4,6	$\frac{8,9}{8,4}$	0,5	$\frac{1,3}{0,8}$	0,61	$\frac{1,28}{0,51}$	0,03	$\frac{0,12}{0,08}$

Примечания: 1. Для холодного периода в числителе приведены данные для автобусов, хранящихся на открытых площадках без средств подогрева, в знаменателе – при наличии средств подогрева.

2. В переходный период выбросы СО и СН должны умножаться на коэффициент 0,9 от значений холодного периода. Выбросы NO<sub>2</sub> равны выбросам в холодный период.

2. Для газобалонных автобусов выбросы СО, СН и С должны умножаться на коэффициенты 0,51 и 0,59 соответственно (сжатый газ).

Таблица 2.8

**Удельные выбросы загрязняющих веществ при работе двигателя на холостом ходу**

Категория автомобилей	Тип двигателя	Удельный выброс загрязняющих веществ, г/мин ( $M_{\text{ххик}}$ )			
		СО	СН	NO <sub>2</sub>	С
Грузовые автомобили Грузоподъемностью:					
до 1000 кг	карбюраторный	4,5	0,4	0,05	-
от 1000 до 3000 кг	карбюраторный	8,1	1,6	0,1	-
	дизельный	1,54	0,2	0,45	0,01
от 3000 до 6000 кг	карбюраторный	18,1	2,9	0,2	-
	дизельный	2,8	0,3	0,62	0,03
свыше 6000 кг	карбюраторный	23,4	3,3	0,2	-
	дизельный	2,9	0,3	1,0	0,04
автопоезд	карбюраторный	18,1	2,9	0,2	-
	дизельный	2,9	0,3	1,0	0,04
Автобус (класс автобуса):					
особо малый	карбюраторный	4,5	0,4	0,05	-
малый	карбюраторный	8,1	1,6	0,1	-
средний	карбюраторный	18,1	2,9	0,2	-
большой (ЛАЗ, ЛиАЗ)	карбюраторный	23,4	3,3	0,2	-
	дизельный	2,9	0,4	1,0	0,04
большой (Икарус-250)	дизельный	4,6	0,5	0,61	0,01
особо большой					



Выбросы загрязняющих веществ при прогреве и работе двигателя на холостом ходу автомобилями с бензиновыми и дизельными двигателями соответствуют ситуации, когда не проводится работа по контролю токсичности выхлопных газов. При проведении контроля удельный выброс CO, CH и C снижается, поэтому значения  $M_{\text{прк}}$  и  $M_{\text{ххик}}$  должны пересчитываться по формулам

$$M_{i\text{прк}} = M_{\text{прк}} \cdot k_i, \text{ г/мин};$$

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

где  $k_i$  – коэффициент, учитывающий снижение выброса CO, CH, C (табл. 2.9).

Периоды года (холодный, теплый, переходный) условно определяются по величине среднемесячной температуры. Месяцы, в которых среднемесячная температура ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ , относятся к холодному периоду и с температурой от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+5^{\circ}\text{C}$  – к переходному.

Величина  $t_{\text{прк}}$  практически одинакова для различных типов автомобилей, но существенно изменяется в зависимости от температуры воздуха (табл.2.10).

Продолжительность работы двигателя автомобиля на холостом ходу при выезде на линию в среднем составляет 10 мин.

Таблица 2.9

**Значения коэффициентов, учитывающих снижения выброса CO, CH, C при контроле загрязняющих веществ в отработавших газах автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями**

Вид контроля	Значения коэффициентов ( $k_i$ )				
	CO		C	CH	
	Бензиновые	Дизельные	Дизельные	Бензиновые	Дизельные
Контроль при ТО-2	0,88	0,83	0,87	0,86	0,79
Контроль при выпуске на линию	0,72	-	-	0,7	-

Таблица 2.10

**Среднее время работы двигателя при его прогреве**

Температура воздуха, °С	Выше 5	От 5 до -5	От -5 до -10	От -10 до -15	От -15 до -20	От -20 до -25	Ниже -25
Время прогрева, мин	4	6	12	20	26	36	45

**Примечания:** 1. При хранении в помещении  $t_{\text{прк}} = 0,5$  мин.

2. Для автобусов при температуре ниже  $-5$  °С  $t_{\text{прк}} = 8$  мин (периодический прогрев 2-3 раза).

3. При наличии средств прогрева при температуре ниже  $-5$  °С  $t_{\text{прк}} = 6$  мин.

4. В неучтенных ситуациях  $t_{\text{прк}}$  может приниматься по фактическим данным.

Пробег автомобиля к-й группы по территории автопарка в день определяется путем замера пути  $L_r$  автомобиля от центра площадки, выделяемой для стоянки данной группы автомобилей, до выездных ворот.

2. Определяем максимальный разовый выброс соединений свинца (Pb) –  $G_c$ , г/с.

При работе автомобильных двигателей на этилированном бензине тетраэтилсвинец разрушается, образуя токсичные соединения свинца. Эти соединения выбрасываются отработавшими газами в виде аэрозолей.

Максимальный разовый выброс соединений свинца, (г/с):

$$G_c = \frac{\sum_{k=1}^p (q_{\text{прк}} \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{xx}} + q_{Lk} \cdot L_k + q_{\text{xxk}} \cdot t_{\text{xxk}} \cdot K_{\text{xx}}) \cdot a_g \cdot N_k \cdot 0,7d_c}{60t_p}, \quad (2.2)$$

где  $d_c$  – содержание свинца в одном литре бензина (АИ-92 – 0,37 г/л, А-76 – 0,17 г/л);  $q_{\text{прк}}$ ,  $q_{\text{xxk}}$  – расход бензина при прогреве и работе двигателя на холостом ходу, л/мин (значение  $q_{\text{xxk}}$  для всех периодов года равно значению  $q_{\text{прк}}$  для теплого периода года) (табл. 2.11);  $q_{Lk}$  – расход топлива при движении автомобиля по территории автопарка, г/км (табл. 2.11);  $K_{\text{xx}}$  – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива. Когда не проводится работа по контролю токсичности выхлопных газов,  $K_{\text{xx}} = 1$ . При проведении контроля на токсичность только при ТО-2  $K_{\text{xx}} = 0,87$ , при организации контроля при выпуске на линию  $K_{\text{xx}} = 0,79$ .

3. Определяем концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое воздуха  $C_i$ , мг/м<sup>3</sup>:

$$C_i = G_i / K_p + C_{\phi i}, \quad (2.3)$$

где  $K_p$  – коэффициент метеорологического разбавления воздуха (м<sup>3</sup>/с), равный 39 - для Центральной части ЕТС; 29 - для Урала, Севера, Северо-Запада, Среднего Поволжья; 23 - для Омской, Новосибирской, Кемеровской областей;  $C_{\phi i}$  – фоновая концентрация  $i$ -го ЗВ.

Таблица 2.11

**Удельный расход топлива автомобиля**

Категория автомобиля	$q_{нрк}$			$q_{Лк}$		
	<b>Периоды года</b>					
	теплый	перех.	холодн.	теплый	перех.	холодн.
Легковые	0,023	0,025	0,028	0,131	0,140	0,164
Грузовые грузо- подъемностью						
до 1000 кг	0,023	0,025	0,028	0,152	0,171	0,190
от 1000 до 3000 кг	0,047	0,052	0,058	0,199	0,224	0,249
от 3000 до 6000 кг	0,063	0,070	0,078	0,290	0,327	0,364
свыше 6000 кг	0,063	0,070	0,078	0,342	0,385	0,428
Автобусы:						
особо малый	0,023	0,025	0,028	0,136	0,153	0,171
малый	0,054	0,080	0,069	0,222	0,250	0,278
средний	0,063	0,070	0,078	0,350	0,394	0,439
большой	0,063	0,070	0,078	0,390	0,439	0,489

Таблица 2.12

**Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе**

Наименование веществ	Формула	ПДК, мг/м <sup>3</sup>		
		ПДК <sub>мр</sub>	ПДК <sub>сс</sub>	ПДК <sub>рз</sub>
Азотная кислота	HNO <sub>3</sub>	0,4	0,15	2
Оксид азот	NO	0,4	0,6	5
Диоксид азота	NO <sub>2</sub>	0,085	0,04	2
Акриловая кислота	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	0,1	0,04	5
Акрилонитрил	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> N	-	0,03	0,5
Алюминий оксид (в перерасчете на алюминий)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,01	6
Аммоний хлорид	NH <sub>4</sub> Cl	0,2	0,1	10
Бензальдегид	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	0,04	-	5
Бензапирен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	-	0,1 мкг/100м <sup>3</sup>	0,00015
Бензин (нефтяной, мало-сернистый) в пересчете на углерод		5	1,5	100
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,3	0,1	5
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	200	-	300
Водород хлористый	HCl	0,2	0,04	5
Германий диоксид (в перерасчете на германий)	GeO <sub>2</sub>	-	0,04	2
Метанол	CH <sub>4</sub> O	1,0	0,5	0,5
Мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на мышьяк)	As		0,003	0,01
Озон	O <sub>3</sub>	0,16	0,03	0,1
Нафталин	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	0,003	-	20
Ртуть	Hg	-	0,0003	0,01
Сера диоксид	O <sub>2</sub> S	0,5	0,05	10
Серная кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,3	0,1	1
Сероводород	H <sub>2</sub> S	0,008	-	3
Тетрахлорметан	CCl <sub>4</sub>	4,0	0,7	20
Трихлорэтилен	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	4,0	1,0	10
Углерод (II) оксид	CO	5,0	3,0	20
Уксусная кислота	C	0,15	0,05	6
Фенол	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	0,2	0,06	5
Формальдегид	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	0,01	0,003	0,3
Хлор	CH <sub>2</sub> O	0,035	0,003	3
Этанол	Cl <sub>2</sub>	0,1	0,03	1
Этиламин	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	5,0	-	1000
Этилен	C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	0,01	-	10
Этиленгликоль	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3,0	3,0	100

## 2.2. РАСЧЕТ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

С помощью расчета можно оценить уровень загрязнения воздушной среды отработавшими газами в зоне влияния дороги.

Основными токсичными компонентами отработавших газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автотранспорта являются оксиды углерода, азота, углеводорода. Оценку уровня загрязнения воздушной среды отработавшими газами следует производить на основе расчета. Методика расчета включает поэтапное определение эмиссии (выбросов) отработавших газов и концентрации загрязнения воздуха этими газами на различном расстоянии от дороги, а затем сравнение полученных данных с ПДК данных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов. При расчете выбросов учитываются различные типы автотранспортных средств и конкретные дорожные условия [3].

### Задание

1. Определить концентрации загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода, оксидами азота и углеводородами в солнечную и дождливую погоду в расчетном поперечнике на расстояниях  $l$  от кромки дороги, указанных в табл. 2.13.

2. Построить графики зависимости изменения концентрации ЗВ от расстояния от кромки дороги  $l$ .

3. Выбрать защитные мероприятия по снижению концентрации ЗВ в зоне жилой застройки, удаленной на расстоянии  $l$  от дороги, до допустимого уровня, если скорость господствующего ветра 3 м/с.

Параметры загрязнения рассчитываются в следующем порядке:

1. Определяем мощность эмиссии (миллиграмм на метр в секунду) ЗВ отдельно для каждого компонента (окиси углерода, оксидов азота, углеводородов) на конкретном участке дороги:

$$q_i = 0,206m \left[ \sum (G_{ик} N_{ик} K_k) + \sum (G_{ид} N_{ид} K_d) \right], \quad (2.4)$$

где  $m$  - коэффициент, учитывающий дорожные и транспортные условия, принимаемый по графику (см. рис.2.1);

$G_{ик}$  и  $G_{ид}$  - средний эксплуатационный расход топлива для данного типа карбюраторных и дизельных автомобилей соответственно, л/км;

$N_{ик}$  и  $N_{ид}$  - интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных и дизельных автомобилей в час;

$K_k$  и  $K_d$  - коэффициенты, принимаемые для каждого компонента загрязнения в зависимости от типа автомобиля.

Таблица 2.13

**Исходные данные**

Вариант	$N_a$ автомобилей в час	Число автомобилей по группам, %						$v$ , км/ч	$\varphi$	$l$ , м
		1	2	3	4	5	6			
1	1000	40	5	25	20	5	5	40	20°	40
2	2000	35	5	30	20	5	5	55	30	60
3	3000	45	10	15	15	5	10	50	35	80
4	4000	30	15	15	20	10	10	65	40	100
5	500	40	10	15	20	10	5	60	45	150
6	600	10	10	20	15	20	25	65	25	150
7	1000	25	25	10	10	10	20	50	25	60
8	1200	30	10	10	20	20	10	55	60	60
9	1400	15	25	20	20	10	10	70	45	30
10	800	40	10	10	25	10	5	55	55	200
11	1300	35	30	20	5	5	5	45	80	80
12	200	20	20	20	20	10	10	70	80	40
13	1500	30	15	15	20	10	10	35	20	100
14	1100	40	20	25	5	5	5	55	70	60
15	900	45	10	15	20	5	5	60	60	60

**Примечание.**  $N_a$ - интенсивность движения;  $v$  -средняя скорость потока движения;  $\varphi$  -угол направления ветра к оси трассы.

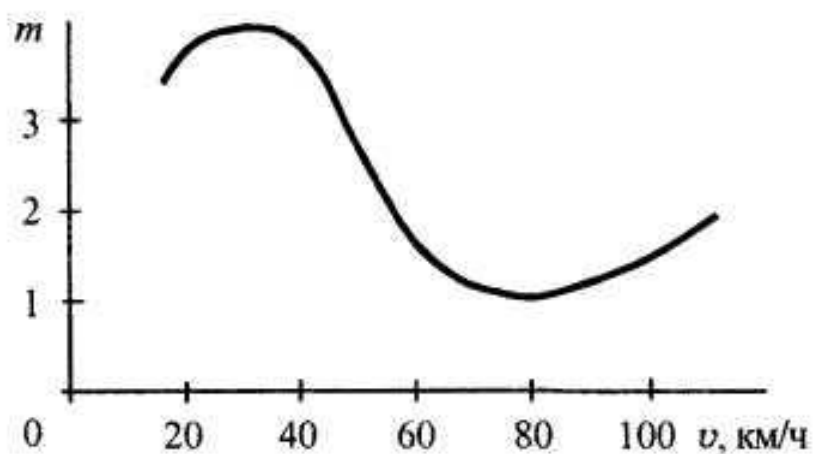


Рис. 2.1 Зависимость коэффициента  $m$  от средней скорости транспортного потока  $U$

В таблице 2.14 учтены группы автомобильного транспорта.

Таблица 2.14

**Группы автомобилей**

Автомобиль	Группа
Легковой	1
грузовой карбюраторный грузоподъемностью, т:	
до 6	2
6 и более	3
грузовой дизельный	4
Автобус:	
карбюраторный	5
дизельный	6

Средний эксплуатационный расход топлива для указанных групп автомобильного транспорта представлен в табл. 2.15.

Таблица 2.15

**Средний эксплуатационный расход топлива**

Группа	1	2	3	4	5	6
$G_i$ , л/км	0,11	0,16	0,33	0,34	0,37	0,28

Значения коэффициентов  $K_k$  и  $K_d$  в зависимости от вида выброса представлены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

**Значения коэффициентов  $K_k$  и  $K_d$**

Выброс	Окись углерода	Углеводороды	Оксиды азота
$K_k$	0,6	0,12	0,06
$K_d$	0,14	0,037	0,015

2. Концентрации загрязнения атмосферного воздуха токсичными компонентами отработавших газов на различном расстоянии от дороги  $l$  (используется модель Гауссоваго распределения примесей в атмосфере на небольших высотах):

$$C_j = \frac{2q_j}{\sin \varphi \sqrt{2\pi\delta v_e}} + F_j, \quad (2.5)$$

где  $\delta$  - стандартное отклонение Гауссоваго рассеивания в вертикальном направлении, м;

$v_e$  - скорость ветра, преобладающего в расчетный период, м/с;

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

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

Стандартное Гауссовое отклонение в зависимости от расстояния до кромки проезжей части и погоды устанавливается по табл.2.17.

Таблица 2.17

**Стандартное Гауссовое отклонение в зависимости от расстояния**

$l, \text{ м}$	10	20	40	60	80	100	150	200	250
$\delta$	$\frac{2}{1}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{13}{10}$	$\frac{19}{14}$	$\frac{24}{18}$	$\frac{30}{22}$

**Примечание.** В числителе Гауссовое отклонение – для солнечной погоды; в знаменателе – для дождливой.

Для токсичных составляющих отработавших газов тепловых двигателей в воздухе населенных мест регламентированы среднесуточные значения ПДК, представленное в табл. 2.18

Таблица 2.18

**среднесуточные значения ПДК**

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

Эти значения должны быть сопоставлены с полученными в расчете концентрациями каждого компонента ЗВ на различных расстояниях  $l$  в поперечном направлении и в зоне жилой застройки.



### 2.3. РАСЧЕТ И ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

С помощью расчета можно оценить величины фактического поверхностного стока загрязняющих веществ с автомобильной дороги в водоток.

#### Задание

1. Определить параметры ПДС ЗВ и поверхностного стока (взвешенные вещества, нефтепродукты, свинец) в водоток с автодороги.

2. Оценить величину фактического сброса (ФС) этих веществ с поверхностными сточными водами по каждому ингредиенту.

3. Изобразить в виде гистограммы результаты расчета, произвести их анализ для обоснования вариантов сброса сточных вод (СВ) в водоток без предварительной очистки или через очистные сооружения и предложить соответствующие инженерные решения.

Исходные данные: категория автомобильной дороги  $J$ , ее продольный уклон  $I$ , площадь участка водосбора  $F$ , глубина в русле водотока  $h$ , средняя скорость потока в русле  $v_n$ , расстояние от места выпуска СВ до контрольного створа по течению реки  $l_\phi$ , коэффициент извилистости  $f$ , минимальный расход воды в водотоке  $Q_{\min}$  - представлены в табл. 2.19.

Таблица 2.19

#### Исходные данные

Вариант	$F, \text{га}$	$J$	$i, \%$	$v_n, \text{м/с}$	$h, \text{м}$	$l_\phi, \text{м}$	$f$	$Q_{\min}, \text{м}^3/\text{с}$
1	1,92	I	1,2	0,8	1,7	300	1,01	62
2	1,35	IV	0,5	0,6	3,5	280	1,06	75
3	2,75	V	0,8	0,6	2,2	287	1,03	69
4	2,51	III	1,1	0,7	3,0	350	1,05	80
5	2,10	II	0,4	0,6	1,8	325	1,07	70
6	1,55	V	6,0	0,9	2,8	330	1,02	63
7	2,80	I	0,3	0,7	2,9	295	1,04	68
8	1,98	II	1,5	1,0	2,0	320	1,03	65
9	1,85	III	0,5	0,9	1,9	290	1,01	67
10	1,78	IV	0,6	0,5	2,1	310	1,02	64
11	2,01	I	0,9	0,7	2,4	299	1,04	71
12	1,96	II	1,0	0,8	2,5	301	1,05	72
13	1,87	III	1,3	0,9	2,6	310	1,06	74
14	1,75	IV	1,5	0,7	2,8	315	1,01	61
15	2,86	V	2,0	0,8	2,1	290	1,02	62

Оседающие на покрытиях автомобильных дорог пыль, продукты износа покрытий, шин и колодок, выбросы от работы ДВС автомобилей, материалы,

используемые для борьбы с гололедом, и другое приводят (при смыве дождевыми талыми водами) к насыщению вод поверхностного стока различными ЗВ, которые могут попасть в водотоки и водоемы.

Для оценки загрязнения поверхностного стока (сброса) с автомобильных дорог и необходимости его очистки рассчитывают следующие параметры:

1. Расход дождевых вод согласно СНиПу 2.04.03-85 [4]:

$$Q_c^g = g_{yd} FK, \quad (2.6)$$

где  $g_{yd}$  - удельный расход дождевых вод, л/(с·га). Примем  $g_{yd}=4$  л/(с·га);

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

K - коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода воды в зависимости от среднего продольного уклона участка дороги или моста.

Значения K представлены в табл. 2.20.

Таблица 2.20

### Значения коэффициента K

I, %	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5
K	0,8	0,87	0,94	1,0	1,05	1,18	1,35	1,48	1,69	1,77	1,85	1,92

2. Расход талых вод

$$Q_c^T = 0,5 F h_c K_c, \quad (2.7)$$

где  $h_c$  - слой стока за 10 дневных часов, мм. Примем  $h_c=20$  мм;  $K_c$ - коэффициент, учитывающий окучивание снега. Примем  $K_c=0,8$ .

3. Фактический сброс ЗВ с поверхностными сточными водами по каждому ингредиенту (взвешенные вещества, свинец, нефтепродукты) загрязнения

$$\Phi C = 3600 C_\phi Q_c, \quad (2.8)$$

где 3600 – переводной коэффициент;  $C_\phi$ - фактическая концентрация ЗВ в поверхностном стоке по каждому ингредиенту загрязнений (табл.2.21), мг/л;  $Q_c$ - расчетный расход поверхностных сточных вод (принимают наибольший из рассчитанных выше расходов дождевых и талых вод), л/с.

**Концентрации загрязнений в поверхностном стоке  
с покрытий автодорог, мг/л**

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

4. Коэффициент турбулентной диффузии при заданной скорости потока  $v_n$

$$D = \frac{v_n h}{200}. \quad (2.9)$$

5. Коэффициент, учитывающий влияние гидравлических факторов смещения, при  $Q_{max} = Q_c$

$$a = \tau \int \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{max}}}. \quad (2.10)$$

6. Коэффициент смешения сточных вод с водой водотока

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-\alpha \sqrt{l_\phi})}{1 + \frac{Q_{min}}{Q_{max}} \exp(-\alpha \sqrt{l_\phi})}. \quad (2.11)$$

7. Предельно допустимое содержание ЗВ в поверхностном стоке с учетом смешения его с водами водотока по формуле Фролова-Родзиллера:

$$Q_{np.c} = \gamma Q_{min} (C_{ГДК} - C_B) / (Q_c + C_{ГДК}), \quad (2.12)$$

где  $Q_{min}$  - среднемесячный (минимальный) расход воды в водотоке 95-процентной обеспеченности, м<sup>3</sup>/с;  $C_{ПДК}$  - ПДК данного ЗВ в водотоке, мг/л.

ПДК загрязняющих веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения следующие: взвешенных веществ в водотоке в природных условиях  $C_B + 0,25$  мг/л, нефтепродуктов и свинца 0,05 и 0,1 мг/л соответственно.

## 8. Предельно допустимый сброс для каждого ингредиента загрязнения

$$\text{ПДС} = 3600 C_{\text{пдк}} Q_c \cdot \quad (2.13)$$

По вычисленным ПДС и ФС для каждого ингредиента загрязнения строят гистограмму.

Если  $\text{ФС} \leq \text{ПДС}$ , то может быть допущен сброс поверхностных сточных вод (СВ) с автодороги без очистки непосредственно в водоток. Если  $\text{ФС} > \text{ПДС}$ , сброс поверхностных СВ без очистки не допускается.

Если при анализе результатов расчетов сделан вывод о допустимости сброса поверхностных СВ без очистки, то при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов применяют обычные схемы водоотвода в соответствии с [5]. В противном случае следует применять схемы поверхностного водоотвода с покрытия автомобильных дорог и мостов, обеспечивающие сбор вод поверхностного стока и направляющие их на очистные сооружения. Конструкции очистных сооружений рекомендуется, как правило, применять по действующим типовым проектам.

### 2.4. РАСЧЕТ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ (УЗП) ВДОЛЬ АВТОДОРОГ

Расчет необходим для оценки загрязнения придорожных земель выбросами свинца. По результатам подбирают комплекс защитных мероприятий, позволяющих уменьшить ширину распространения загрязнения.

При работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей образуются «условно твердые» выбросы, состоящие из аэрозольных и пылевидных частиц. В небольших количествах выбрасываются соединения свинца и сажи. При интенсивности движения более 40 тыс. автомобилей в сутки существенными становятся выбросы кадмия и цинка. Наибольшую опасность для биосферы представляет накопление в почве соединений свинца, так как они хорошо усваиваются растениями и затем переходят по звеньям пищевой цепи в организм животных, птиц и человека. Выбросы соединений свинца происходят при работе ДВС автомобилей на этилированном бензине (в бензине марок А-76 и АИ -93 содержится соответственно 0,17 и 0,37 г/кг соединений свинца). Около 20

% общего количества свинца разносится с отработавшими газами в виде аэрозолей, а 80% выпадает в виде твердых частиц размером до 25 мкм и нерастворимых соединений на поверхность прилегающих к дороге

земель. Они накапливаются в почве на глубине пахотного слоя при фильтрации атмосферных осадков вдоль дорог.

### Задание

1. Выполнить расчет и оценку уровня загрязнения придорожных земель выбросами свинца по исходным данным (табл. 2.22).

2. Итоговые результаты расчета представить графически в координатах  $P_c$  и  $L$  и сопоставить с ПДК свинца в почве по общесанитарному показателю, равному 32 мс/кг. С помощью построенного графика определить ширину полосы от кромки проезжей части автодороги, в которой превышает ПДК.

3. Выбрать мероприятия по уменьшению ширины распространения выбросов в следующих условиях:

- при реконструкции дорог III категории по нормам для дорог I категории;
- при отказе от реконструкции.

Таблица 2.22

### Исходные данные

Вариант	$N_a$	Распределение автомобилей по типам, %					$v_1$ , км/ч	$v_2$ , км/ч
		1	2	3	4	5		
1	6200	40	5	30	20	5	30	70
2	5000	35	10	15	30	10	40	80
3	4000	5	40	20	25	10	30	75
4	6000	10	35	10	40	5	35	90
5	3000	35	10	30	20	5	35	80
6	4500	50	5	5	30	10	50	90
7	5500	20	20	20	20	20	35	70
8	6100	40	5	30	30	5	30	75
9	6900	35	10	20	30	5	35	80
10	3500	45	10	30	15	0	60	90
11	6100	40	5	30	20	5	30	75
12	6300	35	10	30	10	5	35	90
13	6500	40	5	30	15	10	40	80
14	6700	35	5	30	30	0	30	75
15	5000	25	15	25	25	10	40	75

Примечание.  $N_a$  - интенсивность движения автомобилей в час;  $v_1$  и  $v_2$  - средняя скорость движения транспортного потока до и после реконструкции соответственно.

Расчетный период эксплуатации автодороги 20 лет (7300 суток); угол направления ветра к оси трассы  $\phi=0,7$ ; фоновое загрязнение отсутствует; тип земель - пахота с параметрами  $h=0,2$  м и  $\rho=1600$  кг/м<sup>3</sup>; легковые автомобили используют бензин АИ-93, а грузовые (карбюраторные) – А-76. Сельскохозяйственные угодья начинаются на расстоянии 50 м от внешней кромки проезжей части автодороги, а ширина проезжей части одного направления автодороги I категории составляет 11,25 м.

В табл. 2.23 учтены следующие группы автомобильного транспорта:

Таблица 2.23

**Группы автомобилей**

Автомобиль	Группа
легковой	1
грузовой карбюраторный грузоподъемностью, т:	
до 6	2
6 и более	3
грузовой дизельный	4
Автобус:	
карбюраторный	5
дизельный	6

Оценку загрязнения придорожных земель следует вести на основе расчета уровня загрязнения поверхностного слоя почвы (УЗП). Параметры расчета следующие:

1. Находим мощность эмиссии свинца при односуточной интенсивности движения за расчетный период:

$$P_s = K_{\Pi} m_p K_T K_o \left( \sum_1^i G_i P_i N_i \right) \text{ (мг)}, \quad (2.14)$$

где  $K_{\Pi}=0,74$  – коэффициент пересчета;  $m$  - коэффициент, учитывающий дорожные условия (рис. 2.1);  $K_T$  - коэффициент, учитывающий долю выбрасываемого свинца в виде твердых частиц в общем объеме выбросов;  $K_o=0,8$  - коэффициент, учитывающий оседание свинца в системе выпуска отработавших газов автомобиля;  $G_i$  - средний эксплуатационный расход топлива для данного типа автомобиля, л/км;  $N_i$  - среднесуточная интенсивность движения автомобилей данного типа, автомобилей в сутки;  $P_i$  - содержание добавки свинца в топливе, применяемом в автомобиле данного типа, г/кг.

Средний эксплуатационный расход топлива для указанных групп автомобильного транспорта представлен в табл. 2.24.

Таблица 2.24

**Средний эксплуатационный расход топлива**

Группа	1	2	3	4	5	6
$G_i$ , л/км	0,11	0,16	0,33	0,34	0,37	0,28

2. Определяем эмиссию отложений свинца на поверхности земли:

$$P_{\text{п}} = (0,4K_1\phi T_p P_s) + F, \quad (2.15)$$

где  $K_1$  - коэффициент, учитывающий расстояние  $L$  от края проезжей части;  $\phi$  - коэффициент, зависящий от силы и направления ветра, принимается равным отношению площади розы ветров со стороны дороги, противоположной рассматриваемой зоне, к общей ее площади;  $T_p$  - расчетный срок эксплуатации автодороги,  $T_p=7300$  суток, что соответствует 20-летнему перспективному сроку;  $F$  - фоновое загрязнение поверхности земли, мг/м<sup>2</sup>.

Коэффициент  $K_1$  принимают по табл.2.25.

Таблица 2.25

**Значения коэффициента  $K_1$**

$L$ , м	10	20	40	40	50	60	80	100	150	200
$K_1$	0,50	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,001	0,0002

Поскольку на автодорогах I категории транспорт разделен на два потока, противоположных по направлению движения и отделенных друг от друга разделительной полосой шириной не менее 5 м, расчет следует вести отдельно для каждого потока при интенсивности движения, равной половине общей, т.е. сначала определяют эмиссию свинца от транспортного потока каждого направления, затем рассчитывают величину  $P_{\text{п1}}$  на заданном расстоянии  $L$  от края проезжей части, ближайшего к расчетной точке А потока движения. После этого вычисляют  $P_{\text{п2}}$  в точке А в противоположном направлении от потока движения, увеличив расстояние  $L$  на ширину проезжей части плюс 5м, и суммируют  $P_{\text{п1}}$  и  $P_{\text{п2}}$ .

УЗП свинцом на различном расстоянии от края проезжей части автодороги:

$$P_c = \frac{P_{\text{п}}}{h\rho}, \quad (2.16)$$

где  $h$  - толщина верхнего слоя, в котором распределяются выбросы свинца, м, на пахотных землях  $h=0,2$  м, на остальных видах угодий, в том числе и на целине,  $h=0,1$  м,  $\rho$  - плотность почвы,  $\text{мг/м}^3$ .

## 2.5. РАССЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА ПРИ $\Delta T \neq 0$

С помощью расчета находят максимальную приземную концентрацию загрязняющих веществ и определяют зоны загрязнения.

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере, высоты трубы  $H$ , предельно допустимых выбросов (ПДВ) от одиночных стационарных источников загрязнения атмосферы (ИЗА) выполняются по ОНД-86 [2].

### Задание

*По исходным данным (табл.2.26):*

- рассчитать максимальное значение приземной концентрации  $C_{\text{max}}$  загрязняющих веществ, создаваемой источником загрязнения атмосферы (ИЗА, котельная) при неблагоприятных метеорологических условиях;

-  $C$  ( $\text{мг/м}^3$ ) - приземную концентрацию вредных веществ;

- расстояние  $X_{\text{max}}$  от ИЗА, на котором приземная концентрация  $C$  при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения  $C_{\text{max}}$ ;

- опасную скорость ветра  $u_{\text{max}}$  м/с при которой создается максимальная концентрация ЗВ;

- найти высоту  $H$  м;

- определить ПДВ- предельно допустимую концентрацию ЗВ г/с.

Принять следующие расстояния:  $x=50$  м, 100 м, 200 м, 400 м, 1000 м, 3000 м.

*По результатам расчетов:*

- построить требуемые профили приземных концентраций;

- определить длину зоны загрязнения, в которой превышена среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК<sub>СС</sub>).

$\text{ПДК}_{\text{зола}}=0,5 \text{ мг/м}^3$ ,

$\text{ПДК}_{\text{NO}_2}=0,085 \text{ мг/м}^3$ ,

$\text{ПДК}_{\text{SO}_2}=0,5 \text{ мг/м}^3$ ,

$\text{ПДК}_{\text{CO}}=5 \text{ мг/м}^3$ .

Рассмотрим расчет ЗВ при  $\Delta T \neq 0$  - разности температур выбросов и наружного воздуха.



*Исходные данные*

Вариант	М, г/с				Н, м	D, м	$\omega_0$ , м/с	$\Delta T$ , °С	А	Э, %
	Зола	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO						
1	14	10	24	280	25	1,1	1,5	10	60	80
2	16	11	25	290	30	1,2	2	20	160	74
3	17	12	26	300	35	1,5	4,5	15	180	90
4	18	13	27	320	30	1,6	3	20	180	95
5	19	14	28	340	40	1,8	3,5	25	200	70
6	20	15	29	340	25	2	4	30	200	90
7	21	16	30	300	40	2	4,5	15	180	65
8	22	17	31	280	45	1,8	5	15	180	85
9	23	18	32	320	50	2	5,5	30	250	92
10	24	19	33	300	55	2	6	25	160	88
11	16	12	20	300	55	2	2	20	140	80
12	18	15	20	300	50	1,2	4	15	140	70
13	20	15	25	200	60	1,8	4	20	160	95
14	16	16	20	320	60	1,8	3,5	30	140	95
15	20	12	28	320	40	1,2	3	20	140	80

Максимальное значение при неблагоприятных метеорологических условиях приземной концентрации вредного вещества  $C_m$ , мг/м<sup>3</sup> при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается на расстоянии  $x_m$ , м от источника и определяется по формуле

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2\sqrt[3]{V\Delta T}}, \quad (2.17)$$

где А – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (распределения температур воздуха по высоте, влияющие на его вертикальное перемещение);

М - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Зависит от степени очистки в пылеочищающих установках Э. При  $\text{Э} \geq 90\%$   $F=2$ , при  $75 < \text{Э} < 90$   $F=2,5$   $\text{Э} \leq 75\%$   $F=3$  (для газообразных вредных веществ в атмосферном воздухе и мелкодисперсных аэрозолей  $F = 1$ );

$\eta$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км,  $\eta = 1$ );

$m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса. Значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определяются в зависимости от параметров  $f$ ,  $v_m$  (параметр при  $\Delta T \neq 0$ ),  $v'_m$  ( $v'_m$  - параметр при  $\Delta T \approx 0$ ),  $f_e$ :

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T}, \quad (2.18)$$

где  $\omega_0$  - средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с;

$D$  - диаметр устья источника выброса, м;

$H$  - высота источника выброса, м;

$\Delta T$  °С - разность между температурой выбрасываемой смеси  $T_r$  и температурой окружающего атмосферного воздуха  $T_b$ .

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \Delta T_1}{H}}, \quad (2.19)$$

где  $V$  (м<sup>3</sup>/с) – расход газовой смеси, определяемый по формуле

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (2.20)$$

$$v'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H}, \quad (2.21)$$

$$f_e = 800 (v'_m)^3, \quad (2.22)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100 \quad (2.23)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100 \quad (2.24)$$

Коэффициент  $n$  при  $f < 100$  определяется по формулам

$$n=1 \text{ при } v_m \geq 2; \quad (2.25)$$

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13v_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (2.26)$$

$$n = 4,4v_m \text{ при } v_m < 0,5. \quad (2.27)$$

Расстояние  $X_m$  (м) от источника выбросов, на котором достигается максимальное значение концентрации вредного вещества  $C_m$ , определяется по формуле

$$X_m = \frac{5-F}{4} Hd, \quad (2.28)$$

где  $d$  – безразмерный коэффициент при  $f < 100$ , который находится по следующим формулам

$$\text{а) при } v_m \leq 0,5 \quad d = 2,48(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}); \quad (2.29)$$

$$\text{б) при } 0,5 < v_m \leq 2 \quad d = 4,95v_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f}); \quad (2.30)$$

$$\text{в) при } v_m > 2 \quad d = 7\sqrt{v_m}(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (2.31)$$

Значение опасной скорости  $u_m$ , м/с на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ  $C_m$ , в случае если  $f < 100$  определяется по формулам

$$u_m=0,5 \text{ при } v_m \leq 0,5; \quad (2.32)$$

$$u_m=v_m \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (2.33)$$

$$u_m=v_m(1 + 0,12\sqrt{f}) \text{ при } v_m > 2. \quad (2.34)$$

При опасной скорости ветра  $u_m$  приземная концентрация вредных веществ  $C$ , мг/м<sup>3</sup> в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях  $x$ , м от источника выброса определяется по формуле

$$C = S_1 \cdot C_m, \quad (2.35)$$

где  $S_1$  – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения  $X/X_m$  по следующим формулам

$$S_1 = 3(X/X_M)^4 - 8(X/X_M)^3 + 6(X/X_M)^2 \quad \text{при } X/X_M \leq 1; \quad (2.36)$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13(X/X_M)^2 + 1} \quad \text{при } 1 < X/X_M \leq 8; \quad (2.37)$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1(X/X_M)^2 + 2,47(X/X_M) - 17,8} \quad \text{при } X/X_M > 8 \text{ и } F > 1,5; \quad (2.38)$$

$$S_1 = \frac{X/X_M}{3,58(X/X_M)^2 - 35,2(X/X_M) + 120} \quad \text{при } X/X_M > \text{ и } F \leq 1,5. \quad (2.39)$$

Высота источника  $H$ , соответствующая заданному значению  $C_M$ , в случае  $\Delta T \neq 0$ ) определяется по формуле

$$H = \sqrt{\frac{AMF \eta}{C_M \cdot \sqrt[3]{V \Delta T}}}. \quad (2.40)$$

По найденному значению  $H$  определяются на основании формул (5.2), (5.3), (5.5), (5.6) величины  $f$ ,  $v_m$ ,  $v'_m$ ,  $f_c$  и устанавливается в первом приближении произведение коэффициентов  $m$  и  $n$ . Дальнейшее уточнение значения  $H$  выполняют по формуле

$$H_{i+1} = H_i \sqrt{\frac{m_i n_i}{m_{i-1} n_{i-1}}}, \quad (2.41)$$

где  $m_i$ ,  $n_i$  соответствуют  $H_i$ , а  $m_{i-1}$ ,  $n_{i-1}$  —  $H_{i-1}$  (при  $i=1$  принимается  $m_0=n_0=1$ , а  $H_0$  определяется по формуле (2.40))

Из соотношения требуемой концентрации и его реального содержания в приземном слое воздуха можно легко определить требуемую степень очистки (средствами ПГО- пылегазовой очистки):

$$\Theta = \frac{C_i - ПДК}{C_i} 100, \%. \quad (2.42)$$

Предельно допустимый выброс вредного вещества в атмосферу (ПДВ) устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы таким образом, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создают приземную концентрацию, превышающую их ПДК для населения, растительного и животного мира.

Значение ПДВ, г/с для одиночного источника с круглым устьем в случае  $C_{\phi} < \text{ПДК}$  определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi})H^2}{AFmn\eta} \sqrt[3]{V\Delta T}. \quad (2.43)$$

## 2.6. РАССЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА ПРИ $\Delta T \approx 0$

### Задание

По исходным данным (табл. 2.27) рассчитать  $C_m$ , мг/м<sup>3</sup>,  $X_{\max}$ , м,  $u_{\max}$ , м/с,  $C$ , мг/м<sup>3</sup>,  $H$ , м, ПДВ, г/с, для холодных выбросов при  $\Delta T \approx 0$ .

Для  $f \geq 100$  и  $v'_m \geq 0,5$  (холодные выбросы) при расчете  $C_m$  вместо формулы (5.1) используется формула

$$C_m = \frac{AFMn\eta}{H^{4/3}} K, \quad (2.44)$$

где

$$K = \frac{D}{8V}. \quad (2.45)$$

Коэффициент  $n$  при  $f < 100$  определяют по формулам

$$n=1 \text{ при } v'_m \geq 2; \quad (2.46)$$

$$n = 0,532 \cdot \sqrt[3]{v'^2_m} - 2,13v'_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v'_m < 2; \quad (2.47)$$

$$n = 4,4v'_m \text{ при } v'_m < 0,5. \quad (2.48)$$

При  $f \geq 100$  или  $\Delta T \approx 0$  значение  $d$  находят по формулам

$$\text{а) при } v'_m \leq 0,5 \quad d = 5,7; \quad (2.49)$$

$$\text{б) при } 0,5 < v'_m \leq 2 \quad d = 11,4v'_m; \quad (2.50)$$

$$\text{в) при } v'_m > 2 \quad d = 16\sqrt{v'_m}. \quad (2.51)$$

Расстояние  $X_m$  можно определить по формуле (2.28), значение концентраций  $C$ ,  $\text{мг/м}^3$  на различных расстояниях - по формуле (2.35).

Находим значение опасной скорости  $u_m$ , м/с на уровне флюгера:

$$u_m = 0,5 \text{ при } v'_m \leq 0,5; \quad (2.52)$$

$$u_m = v'_m \text{ при } 0,5 < v'_m \leq 2; \quad (2.53)$$

$$u_m = 2,2v'_m \text{ при } v'_m > 2. \quad (2.54)$$

Высота источника  $H$ , соответствующая заданному значению  $C_m$ , в случае  $\Delta T \approx 0$  определяются по формуле

$$H = \left( \frac{AMFD \eta}{8VC_m} \right)^{3/4}. \quad (2.55)$$

Если вычисленному по формуле (2.55) значению  $H$  соответствует  $v'_m < 2$  м/с, то  $H$  уточняется методом последовательных приближений по формуле

$$H_{i+1} = H \left( \frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{3/4}, \quad (2.56)$$

где  $n_i$  и  $n_{i-1}$  - значения определяемого по формулам (2.46)-(2.48) коэффициента  $n$ , полученные соответственно по значениям  $H_i$  и  $H_{i-1}$  (при  $i=1$  в формуле (2.56) принимается  $n_0=1$ , а значение  $H_i$  определяется по формуле (2.55)).

В случае  $f \geq 100$  или  $\Delta T \approx 0$  ПДВ определяются по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\phi) H^{4/3}}{AFn \eta} \frac{8V}{D}. \quad (2.57)$$

## 2.7. РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

С помощью расчета можно определить приземную концентрацию вредных веществ с учетом влияния рельефа местности.

### Задание

Используя данные расчета 2.5 определить приземную концентрацию вредных веществ  $C$ ,  $\text{мг/м}^3$ , на различных расстояниях от ИЗА (с учетом рельефа местности), расположенного в ложбине. Ветер направлен поперек ложбины.

Влияние рельефа местности на значение максимальной приземной концентрации  $C_m$ , мг/м<sup>3</sup> от одиночного источника учитывается безразмерным коэффициентом  $\eta$  в формуле (2.17). Значение  $\eta$  устанавливается на основе анализа картографического материала, освещающего рельеф местности в радиусе 50 высот наиболее высокого из размещаемых на промплощадке источника, но не менее чем до 2 км. Если в окрестностях рассматриваемого источника выбросов (предприятия) можно выделить отдельные изолированные препятствия, вытянутые в одном направлении (гряды, гребень, ложбину, уступ), то поправочный коэффициент на рельеф  $\eta$  определяется по формуле

$$\eta = 1 + \phi_1(\eta_m - 1), \quad (2.58)$$

где  $\eta_m$  - определяется по табл. 2.28 в зависимости от форм рельефа, сечения которых представлены на рис. 2.2, и безразмерных величин  $n_1 = H/h_0$  и  $n_2 = a_0/h_0$  ( $n_1$  определяется с точностью до десятых, а  $n_2$  – с точностью до целых). Здесь  $H$  - высота источника,  $h_0$  - высота (глубина препятствия),  $a_0$  - полуширина гряды, холма, ложбины,  $x_0$  - расстояние от середины препятствия в случае гряды или ложбины и от верхней кромки склона в случае уступа до источника, как указано на рис. 2.2, значение функции  $\phi_1$  определяется в зависимости от отношения  $|x|/a_0$  по графикам (см. рис. 2.2). Учет влияния рельефа местности при определении расстояния, где достигается максимум приземной концентрации, осуществляется путем умножения коэффициента  $d$  в формуле (2.28) на  $\frac{1,1}{\sqrt{\eta + 0,2}}$ . Исходные данные представлены в табл. 2.27

Таблица 2.27

**Исходные данные для задачи 7**

Вариант	$h_0, \text{м}$	$a_0, \text{м}$	$x_0, \text{м}$	$\phi_1$
1	70	400	100	0,8
2	50	300	200	0,8
3	40	600	300	0,8
4	30	500	100	0,8
5	80	400	200	0,8
6	70	600	300	0,8
7	50	500	100	0,8
8	40	400	200	0,8
9	30	300	300	0,8
10	80	600	200	0,8
11	40	500	200	0,8
12	50	400	300	0,8
13	70	300	200	0,8
14	40	400	100	0,8
15	30	400	100	0,8

Определение коэффициента  $\eta_m$ 

	Ложбина (впадина)				Уступ				Гряда (холм)			
	$\eta$											
	4-5	6-9	10-15	16-20	4-5	6-9	10-15	16-20	4-5	6-9	10-15	16-20
<0,5	4,0	2,0	1,6	1,3	3,5	1,8	1,5	1,2	3,0	1,5	1,4	1,2
0,6-1	3,0	1,6	1,5	1,2	2,7	1,5	1,3	1,2	2,2	1,4	1,3	1,0
1,1- 2,0	1,8	1,5	1,4	1,1	1,6	1,4	1,2	1,1	1,4	1,3	1,2	1,0
3-5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,2	1,1	1,0
>5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

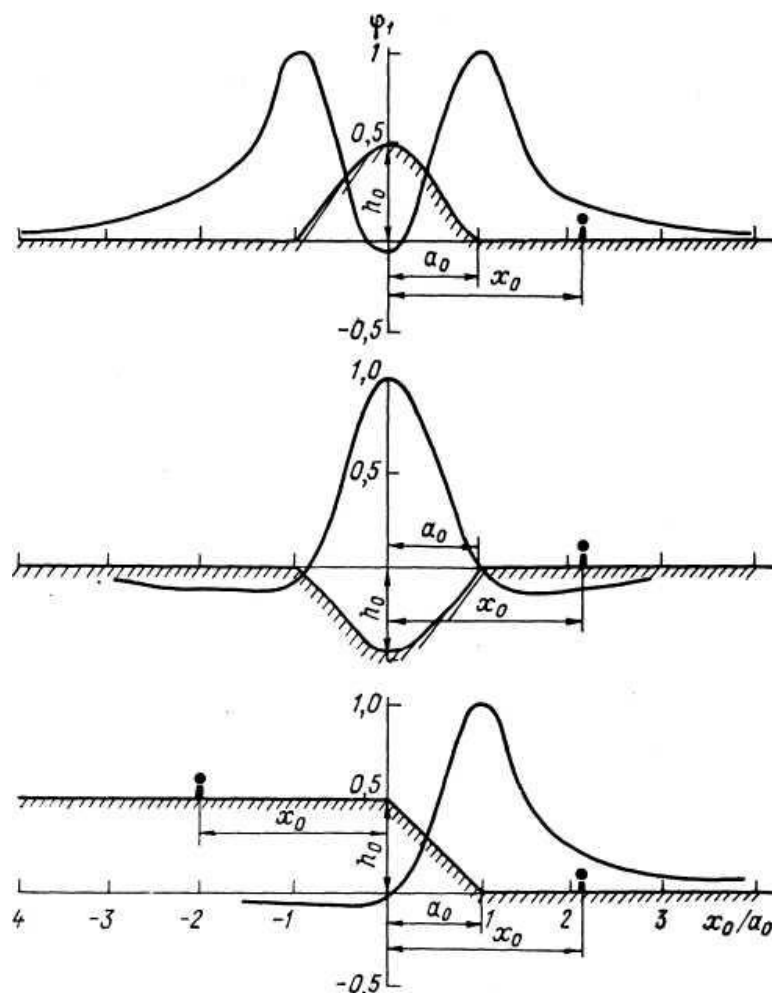


Рис. 2.2. Сечения форм рельефа



## 2.8. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЫСОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

В результате расчета определяют оптимальные высоты труб для вентиляционных и технологических выбросов, обеспечивающие снижение концентраций вредных веществ в воздухе жилого района до значений, соответствующих нормативным требованиям.

### Задание

Рассчитать потребную эффективную высоту выброса  $H$ , м. Определить расстояние от источника выброса до точки максимальной концентрации. Найти максимально разовую концентрацию  $C$ , мг/м<sup>3</sup>, по оси факела на границе жилого района. Расчет загрязнений, образующихся при совместном действии всех источников, расположенных на территории промышленной площадки, дает возможность учета фона, создаваемого однонаправленными вредными веществами. Исходные данные приведены в табл. 2.29. Расчетная скорость ветра для всех выбросов принята  $U=1$  м/с.  $M$ - валовый выброс загрязняющих веществ, г/с.  $\bar{K}$  -удельная концентрация загрязняющих веществ.

Таблица 2.29

#### Исходные данные

Вариант	Загрязняющие вещества	ПДК в воздухе жилого района, мг/м <sup>3</sup>	$M$ , г/с	$\bar{K}$ ,
1	Двуокись азота	0,085	3,2	0,01865
2	Двуокись азота	0,085	2,2	0,028
3	Сернистый ангидрид	0,5	6,03	0,0097
4	Двуокись азота	0,085	10,5	0,0051
5	Пары азотной кислоты	0,4	16	0,0213
6	Двуокись азота	0,085	3,45	0,0285
7	Серный ангидрид	0,3	0,238	0,0097
8	Сернистый ангидрид	0,5	0,55	0,013
9	Двуокись азота	0,085	1,05	0,0082
10	Пары азотной кислоты	0,4	10	0,019
11	Двуокись азота	0,085	8,56	0,0316
12	Пары азотной кислоты	0,4	15	0,035
13	Сернистый ангидрид	0,5	0,65	0,023
14	Пары азотной кислоты	0,4	12	0,028
15	Двуокись азота	0,085	9,25	0,0225

Расчет производится в следующей последовательности:

1. Определяем требуемую эффективную высоту выброса по формуле:

$$H = \sqrt{\frac{235M}{UC}}, \quad (2.59)$$

2. Рассчитываем максимально разовую концентрацию  $C$ , мг/м<sup>3</sup>, по оси факела на границе жилого района по формуле

$$C = \bar{K} \frac{M}{U}. \quad (2.60)$$

3. Определяем расстояние от источника выброса до точки максимальной концентрации по формуле

$$X=20 H. \quad (2.61)$$

## **2.9. РАСЧЕТ ВЫБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТАХ КОТЕЛЬНОЙ**

С помощью расчета определяются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с газообразными продуктами сгорания при сжигании топлива в котлоагрегатах котельной.

### **Задание**

Определить валовый и максимально разовый выбросы загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах котельной.

Котлоагрегаты котельных работают на различных видах топлива (твердом, жидком и газообразном). Выбросы загрязняющих веществ зависят как от количества и вида топлива, так и от типа котлоагрегата.

Учитываемыми загрязняющими веществами, выделяющимися при сгорании топлива, являются: твердые частицы, оксид углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид (серы диоксид), пятиокись ванадия. Исходные данные по вариантам представлены в табл. 2.30-2.32.

Таблица 2.3

**Исходные данные для расчета выброса оксидов азота при сжигании топлива**

Исходные данные	ВАРИАНТЫ				
	1	2	3	4	5
Наименование топлива	Донецкий уголь(антрацит)	Донецкий уголь(антрацит)	Подсковный	Кузнецкий уголь	Подмосковный
Количество израсходованного топлива за год, т	2078	2020	2119	2315	1784
Расход топлива за самый холодный месяц года	190	175	180	200	155
Самый холодный месяц года	Январь	Декабрь	Январь	Декабрь	Январь
П/производительность котлоагрегатов	0,5	1,0	3,0	6,0	10,0

Таблица 2.31

**Исходные данные для расчета выброса твердых частиц при сжигании топлива**

Исходные данные	ВАРИАНТЫ				
	1	2	3	4	5
Наименование топлива	Донецкий уголь(антрацит)	Донецкий уголь(антрацит)	Подмосковный	Кузнецкий уголь	Подмосковный
Количество израсходованного топлива за год, т	3003,6	2373	1941	2006	1952
Расход топлива за самый холодный месяц года	310	250	180	220	185
Самый холодный месяц года	Январь	Декабрь	Январь	Декабрь	Январь
Аппарат очистки	Батарейные циклоны типа БЦ-2	Электрофильтры	Центробежные скрубберы	Батарейные циклоны типа БЦ-2	Электрофильтры

Тип топки	С цепной решеткой	С пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	С пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	С пневмомеханическими забрасывателями с цепной решеткой прямого хода	С пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой
-----------	-------------------	--------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

Таблица 2.32

**Исходные данные для расчета выброса оксида углерода при сжигании топлива**

Исходные данные	ВАРИАНТЫ				
	1	2	3	4	5
Наименование топлива	Донецкий уголь(антрацит)	Донецкий уголь(антрацит)	Подмосковный	Кузнецкий уголь	Подмосковный
Количество израсходованного топлива за год, т	2090	1560	3000	2800	2500
Расход топлива за самый холодный месяц года	190	150	270	250	215
Самый холодный месяц года	Январь	Декабрь	Январь	Декабрь	Январь
Тип топки	тот же	тот же	тот же	тот же	тот же

Расчет производится в следующей последовательности:

1. Определяем валовый выброс твердых частиц в дымовых газах котельных:

$$M_T = q_T \cdot m \cdot f \cdot \left(1 - \frac{\eta_T}{100}\right), \text{ т/Г,} \quad (2.62)$$

где  $q_T$  – зольность топлива % табл. 2.34

$m$  – количество израсходованного топлива за год, т;

$f$  - безразмерный коэффициент (табл. 2.36);

$\eta_T$  – эффективность золоуловителей (табл. 2.33).

Максимально разовый выброс определяется по формуле

$$G_T = \frac{q_T \cdot m' \cdot f \cdot (1 - \eta_T / 100) \cdot 10^6}{n \cdot 24 \cdot 3600}, \text{ г/с}, \quad (2.63)$$

где  $m'$  - расход топлива за самый холодный месяц года, т;

$n$  – количество дней в самом холодном месяце года.

2. Определяем валовый сброс оксида углерода, по формуле

$$M_{co} = C_{co} \cdot m \cdot (1 - q_1 / 100) \cdot 10^{-3}, \text{ т/год}, \quad (2.64)$$

где  $q_1$  - потери теплоты вследствие механической неполноты сгорания (табл.2.37);

$m$  – количество израсходованного топлива, т/год, тыс. м<sup>3</sup>/год,

$C_{co}$  – выход оксида углерода при сжигании топлива:

$$C_{co} = q_2 \cdot R \cdot Q_1^T, \text{ кг/т} \quad (2.65)$$

где  $q_2$  – потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива (табл. 2.37);

$R$  – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива:  $R + 1$  – для твердого топлива,  $R = 0,5$  – для газа,  $R = 0,65$  – для мазута;

$Q_1^T$  - низшая теплота сгорания натурального топлива (определяется по табл. 2.34).

Максимально разовый выброс оксида углерода определяется по формуле

$$G_{co} = \frac{C_{co} \cdot m' \cdot (1 - q_1 / 100) \cdot 10^3}{n \cdot 24 \cdot 3600}, \text{ г/с}, \quad (2.66)$$

где  $m'$  - расход топлива за самый холодный месяц, т.

3. Определяем валовый выброс оксидов азота, по формуле

$$M_{No_2} = m \cdot Q_i^T \cdot K_{No_2} (1 - \beta) \cdot 10^{-3}, \text{ т/год}, \quad (2.67)$$

где  $K_{NO_2}$  – коэффициент, характеризующий количество оксидов азота, образующихся на один ГДж тепла, (определяется по табл. 2.35) для различных видов топлива в зависимости от паропроизводительности котлоагрегата;  $\beta$  – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов оксидов азота в результате применения технических решений. Для котлов производительностью до 30 т/ч  $\beta = 0$ .

Максимально разовый выброс  $NO_2$  определяется по формуле

$$G_{NO_2} = \frac{m' \cdot Q_i^\Gamma \cdot K_{NO_2} (1 - \beta) \cdot 10^3}{n \cdot 24 \cdot 3600}, \text{ г/с.} \quad (2.68)$$

Валовый выброс оксидов серы определяется только для твердого и жидкого топлива по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot m \cdot S^\Gamma \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}), \text{ т/год,} \quad (2.69)$$

где  $S^\Gamma$  - содержание серы в топливе (табл. 2.34);  $\eta'_{SO_2}$  - доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива.

Для эстонских или ленинградских сланцев  $\eta'_{SO_2}$  принимается равной 0,8, для остальных сланцев - 0,5; для углей Канско-Ачинского бассейна - 0,2; для березовских - 0,5; для торфа - 0,15; для экибастузских - 0,02; для прочих углей - 0,1; для мазута - 0,2;  $\eta''_{SO_2}$  - доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе.

Для сухих золоуловителей  $\eta''_{SO_2}$  принимается равной 0.

Максимально разовый выброс определяется по формуле

$$G_{SO_2} = \frac{0,02 \cdot m' \cdot S^\Gamma \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}) \cdot 10^6}{n \cdot 24 \cdot 3600}, \text{ г/с.} \quad (2.70)$$

4. Расчет выбросов пятиокси ванадия, поступающей в атмосферу с дымовыми газами сжигания жидкого топлива, выполняется по формуле:

$$M_{V_2O_5} = Q_{V_2O_5} \cdot B' (1 - \eta_{oc}) \cdot (1 - \eta_T / 100) \cdot 10^{-3}, \text{ (кг/год),} \quad (2.71)$$

где  $B'$  - количество израсходованного мазута за год, т;  $Q_{V_2O_5}$  - содержание пятиокси ванадия в жидком топливе, (при отсутствии результатов анализа топлива  $Q_{V_2O_5}$  для мазута с  $S' > 0,4\%$  определяют по формуле

$$Q_{V_2O_5} = 95,4 \cdot S^\Gamma - 31,6, \text{ г/т,} \quad (2.72)$$

где  $S^r$  (%) - для малосернистого мазута = 0,5; для сернистого мазута = 1,9; для высокосернистого мазута = 4,1;  $\eta_{oc}$  - коэффициент оседания пятиокси ванадия на поверхности нагрева котлов;  $\eta_{oc} = 0,7$  для котлов с промежуточными пароперегревателями, очистка поверхностей нагрева которых производится в установленном состоянии;  $\eta_{oc} = 0,5$  для котлов без промежуточных паронагревателей при тех же условиях очистки;  $\eta_{oc} = 0$  - для остальных случаев;  $\eta_T$  - содержание твердых частиц в продуктах сгорания жидкого топлива, улавливаемых в устройствах для очистки газов мазутных котлов, (оценивается по средним показателям работы улавливающих устройств за год или по табл. 2.33).

Расчет максимально разового выброса пятиокси ванадия проводится по формуле:

$$G_{v_2O_5} = \frac{Q_{v_2O_5} \cdot B'' (1 - \eta_T)(1 - \eta_T / 100)}{n \cdot 3600 \cdot 24}, \text{ г/с}, \quad (2.73)$$

где  $B''$  - количество мазута, израсходованного в самый холодный месяц года, т; n - количество дней в расчетном месяце.

Таблица 2.33

**Средние эксплуатационные эффективности некоторых аппаратов газоочистки и пылеулавливания**

Аппарат, установка	Эффективность улавливания ( $\eta_T$ ), %	
	Твердых и жидких частиц	Газообразных и парообразных компонентов
Отходящие газы котельных		
Батарейные циклоны типа БЦ-2	85	-
Батарейные циклоны на базе секции СЭЦ-24	93	-
Дымосос-пылеулавитель ДП-10	90	-
Батарейные циклоны типа ЦБР-150У	93-95	-
Электрофилтры	97-99	-
Центробежные скрубберы ЦС-ВТИ	88-90	-
Мокропрутковые золоуловители ВТИ	90-92	-
Жалюзные золоуловители	75-85	-
Групповые циклоны	85-90	-

*Характеристика некоторых топлив (при нормальных условиях)*

Наименование топлива	$q_r$ , %	$S^r$ (%)	$Q_1^r$ , МДж/кг
<b>Угли (бассейн)</b>			
Донецкий	28,0	3,5	13,50
Подмосковный	39,0	4,2	9,88
Южноуральский	6,6	0,7	9,11
Карагандинский	27,6	0,8	21,12
Экибастузский	32,6	0,7	18,94
Кузнецкий	13,2	0,4	22,93
Горловский	11,7	0,4	26,12
Канско-Ачинский	6,7	0,2	15,54
Минусинский	17,2	0,5	20,16
Иркутский	27,0	1,0	17,93
<b>Другие виды топлива</b>			
Расторф в целом	12,5	0,3	8,12
Дрова	0,6	-	10,24
Мазут малосернистый	0,1	0,5	40,30
Мазут сернистый	0,1	1,9	39,85
Мазут высокосернистый	0,1	4,1	38,89
Дизельное топливо	0,025	0,3	42,75
<b>Природный газ из газопроводов</b>			
Саратов-Москва	-	-	35,80
Саратов-Горький	-	-	36,13
Ставрополь-Москва	-	-	36,00
Серпухов-Ленинград	-	-	37,43



Таблица 2.35

**Зависимость  $K_{NO_2}$  паропроизводительности котлоагрегатов**

Паропроизводительность котлоагрегатов (т/ч)	Значение $K_{NO_2}$			
	природный газ, мазут	антрацит	бурый уголь	каменный уголь
0,5	0,08	0,095	0,155	0,172
1,0	0,09	0,105	0,168	0,188
0,3	0,098	0,125	0,192	0,21
6,0	0,1	0,135	0,205	0,225
10,0	0,103	0,14	0,215	0,235
15,0	0,108	0,15	0,225	0,248
20,0	0,109	0,155	0,23	0,25

Таблица 2.36

**Значение коэффициента в зависимости от типа топки и топлива**

Тип топки	Топливо	$f$
С неподвижной решеткой и ручным забросом	Бурые и каменные угли	0,0023
	Антрациты: АС и АН	0,0030
	АРМ	0,0078
С пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	Бурые и каменные угли	0,0026
	Антрацит	0,0026
С цепной решеткой прямого хода	Антрацит АМ	0,0020
Шахтная	Твердое топливо	0,0019
Шахтно-цепная	Торф кусковой	0,0019
Слоевые топки бытовых теплоагрегатов	Дрова	0,0050
	Бурые угли	0,0011
	Каменные угли	0,0011
	Антрацит, тощие угли	0,0011
Камерные топки: Паровые и водогрейные котлы; Бытовые теплогенераторы	Мазут	0,010
	Газ природный, попутный и коксовый	-
	Газ природный	-
	Легкое жидкое (печное) топливо	0,010
Камерные топки: Паровые и водогрейные котлы; Бытовые теплогенераторы	Мазут	0,010
	Газ природный, попутный и коксовый	-
	Газ природный	-
	Легкое жидкое (печное) топливо	0,010

**Характеристика топок и котлов малой мощности**

Тип топки и котла	Топливо	$q_2$	$q_1$
Топка в цепной решеткой	Донецкий кусковой	0,5	13,5/10
Шахтно-цепная топка	Торф кусковой	1,0	2,0
Топка с пневмомеханическими забрасывателями с цепной решеткой прямого хода	Угли типа кузнецких	0,5-1	5,5/3
	Угли типа донецких	0,5-1	8/3,5
Топка с пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	Донецкий антрацит	0,5-1	13,5/10
	Бурые угли типа подмосковных	0,5-1	9/7,5
	Угли типа кузнецких	0,5-1	5,5/3

**2.10. РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ**

В результате расчета оценивается требуемая очистка сточных вод (СВ), что позволяет обоснованно выбрать тип и мощность очистных сооружений, варианты размещения оголовков выпуска (у берега или в стержень) и их конструктивных особенностей.

**Задание**

1. Определить требуемую степень очистки производственных стоков, если известны максимальный расход  $Q_{\max}$  стоков, содержащих ЗВ с концентрацией  $C_{\text{исх}}$ , с фоновым загрязнением 20 % от ПДК ЗВ, глубина реки  $h$ , минимальный расход воды  $Q_{\min}$ , скорость потока  $v_{\text{п}}$ , скорость истечения стоков  $v_c$  (табл. 2.38). Створ водопользования находится от места выпуска на расстоянии  $L_{\text{п}}$  по прямой и  $L_{\text{ф}}$  по фарватеру. Отношение расчетного диаметра струи к диаметру оголовков равно  $d$ , плотность стоков и воды в потоке равны единице. Створ водопользования совпадает со створом полного разбавления.

2. По результатам расчета необходимо предложить для данного ЗВ наиболее адекватный метод очистки и другие эффективные методы и средства защиты вод от загрязнения.

Исходные данные даны в таблице 2.38.

Промышленное предприятие через очистные сооружения сбрасывает сточные воды в водоем (рис. 2.3).

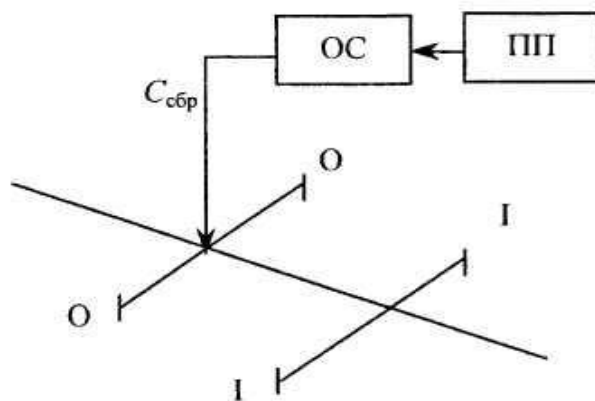


Рис.2.3. Ситуационная схема для расчета условий сброса сточных вод

ПП - промышленное предприятие; ОС - очистные сооружения; О-О — «нулевой» створ, где производится сброс сточных вод; I-I - «расчетный» створ, начиная с которого воды водного объекта должны отвечать санитарным требованиям для данного вида водопользования;  $C_{сбр}$  - концентрация загрязняющих веществ в сточной воде, подлежащей сбросу

Таблица 2.38

**Исходные данные**

Вариант	Загрязняющее вещество	$Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{min}$ , м <sup>3</sup> /с	$v_c$ , м <sup>3</sup> /с	$v_{II}$ , м <sup>3</sup> /с	h, м	$l_{II}$ , км	$l_{ф}$ , км	$C_{исх}$ , мг/л	d
1	Медь	1	100	2,5	0,35	3	2	3	150	2
2	Железо	2	90	2,6	0,40	3,1	2	4	120	2,5
3	Цинк	3	120	2,7	0,45	3,2	2,2	3	160	3
4	Аммиак (по азоту)	4	120	2,8	0,50	3,7	2,6	4	350	4,5
5	Нитраты по NO <sub>2</sub>	4	140	4,0	0,40	4,5	3,6	7	500	3,5
6	Бензол	3	130	3,1	0,55	3,6	2,6	3	100	5
7	Марганец	2	140	3,0	0,60	3,5	2,4	4	200	4,5
8	Бор	1	110	2,7	0,45	4,2	3,2	6	120	3
9	Толуол	3	80	2,5	0,35	4,0	3,0	6	100	2
10	Алюминий	2	160	4,2	0,50	4,3	3,4	8	120	4,5
11	Толуол	3	90	3,5	0,50	4,0	3,0	4	100	2,5
12	Медь	4	100	2,6	0,40	4,1	3,0	4	110	2,5
13	Цинк	4	160	3,0	0,60	4,1	3,2	8	150	4,5
14	Железо	1	150	4,5	0,35	4,0	3,2	6	100	6
15	Тоулол	3	130	2,9	0,55	4,4	3,4	6	80	4

Участок водоема от места выпуска стоков условно делят на следующие зоны:

1) зона начального разбавления, в которой скорость истечения стоков  $v_c$  существенно выше скорости потока воды  $v_{\Pi}$ ;

2) зона основного разбавления, в которой  $v_c = v_{\Pi}$  и перемешивание стоков идет за счет турбулентной диффузии;

3) зона самоочищения, которую в расчетах не учитывают.

Общее разбавление СВ определяют как произведение кратности начального и основного разбавлений, являющихся результатом перемешивания стоков в зонах 1 и 2 [6].

Начальное разбавление

$$n_{\Pi} = \frac{0,248}{m} d^2 \left( \sqrt{m^2 + 8,1 \left( \frac{1-m}{d^2} \right)} - m \right), \quad (2.74)$$

где  $d$  - отношение расчетного диаметра струи к диаметру выпускного отверстия;  $m$  - безразмерный коэффициент:

$$m = \sqrt{\frac{\rho_{\Pi} v_{\Pi}^2}{\rho_c v_c^2}}, \quad (2.75)$$

где  $\rho_{\Pi}, \rho_c$  - плотности соответственно потока воды и СВ принимаемые, обычно, равными единице.

Основное разбавление рассматривают как величину, обратную коэффициенту смешения:

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-\alpha \sqrt{l_{\phi}})}{1 + \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} \exp(-\alpha \sqrt{l_{\phi}})}, \quad (2.76)$$

где  $\alpha$  - безразмерный коэффициент, учитывающий гидрологические особенности водоема,

$$\alpha = \tau \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{\max}}}, \quad (2.77)$$

где  $D$  - коэффициент турбулентной диффузии, в данном случае

$$D = \frac{v_{\Pi} h}{200}, \quad (2.78)$$

где  $h$  - глубина водоема, м.

Расчетная концентрация ЗВ после полного перемешивания

$$C_p = \frac{C_{исх}}{n_n n_o}, \quad (2.79)$$

где  $C_{исх}$  - концентрация ЗВ в неочищенных стоках, мг/л;  $n_n$  и  $n_o$  - кратности начального и основного разбавления.

Требуемая степень очистки

$$\mathcal{E}_o = \frac{C_p - C_{пдк}}{C_p}. \quad (2.80)$$

Значение ПДК данного ЗВ и лимитирующий его показатель вредности принимают по табл. 2.39 [6], при наличии фонового загрязнения  $C_{пдк}$  уменьшается на величину фоновой концентрации данного ЗВ.

Таблица 2.39

***Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования***

Наименование вещества	Формула	ПДК, мг/л)
Медь	Cu	1,0
Железо	Fe	0,3
Цинк	Zn	1,0
Аммиак (по азоту)	NH <sub>3</sub>	2,0
Нитраты по NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	3,3
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,5
Марганец	Mn	0,1
Бор	B	0,5
Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub>	0,5
Алюминий	Al	0,5

## 2.11. РАСЧЕТ ОСНОВНОГО РАЗБАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫПУСКЕ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОТОКИ

Расчет производят при определении кратности разбавления сточных вод, по которой можно вычислить концентрацию загрязняющих веществ в расчетном створе или в сточной жидкости.

### Задание

В реку с расходом  $Q_B$ , м<sup>3</sup>/с, производится сосредоточенный сброс сточных вод. Средняя скорость движения воды в реке  $v_{cp}$ , м/с, средняя глубина потока - Н м, коэффициент Шези  $C=476$  м. Расход сточных вод  $Q_{CT}$ , м<sup>3</sup>/с, при скорости истечения из выпуска  $v_o$ , м/с.

Определить кратность разбавления сточных вод в створе, удаленном на расстояние L, м, от выпуска при двух случаях расположения в реке:

- выпуск в стержне реки;
- выпуск у берега.

Исходные данные представлены в таблице 2.40.

Условия выпуска коммунальных и промышленных сточных вод в реки, озера и водохранилища регламентируются Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, а для морей Правилами санитарной охраны прибрежной зоны морей.

Таблица 2.40

### Исходные данные

Вариант	$Q_B$ , м <sup>3</sup> /с	$v_{cp}$ , м/с	Н, м	$Q_{CT}$ , м <sup>3</sup> /с	$v_o$ , м/с	$\phi$	L, м
1	120	0,35	6	0,4	0,3	1	300
2	80	0,3	5	1	0,6	1	200
3	60	0,25	5,5	1,06	0,45	1	500
4	40	0,4	4	0,5	0,5	1	100
5	90	0,45	4,5	0,55	0,55	1	300
6	100	0,35	3	0,4	3	1	200
7	110	0,3	3,5	1	2	1	500
8	50	0,25	2	1,06	2,5	1	400
9	70	0,4	2,5	0,5	1,5	1	100
10	100	0,45	5	0,55	0,8	1	500
11	90	0,55	3,5	0,4	0,55	1	200
12	80	0,35	6	0,5	0,5	1	500
13	100	0,3	5	0,4	0,55	1	400
14	70	0,55	3,5	1,06	2,5	1	300
15	120	0,25	4	0,5	0,3	1	500

Концентрация  $C_{CT}$  загрязняющих веществ в сточных водах, спускаемых в водоток или водоем, должна назначаться с учетом самоочищающей его

способности исходя из кратности разбавления сточных вод водой окружающей водной среды:

$$n = (\gamma \cdot Q_B + Q_{cm.}) / Q_{cm.} = (C_{cm.} - C_B) / (C_{макс.} - C_B), \quad (2.81)$$

где  $Q_B$  - расчетный расход водотока;  $\gamma$  - коэффициент смешения, показывающий, какая часть расчетного расхода водотока участвует в смешении;  $Q_{cm.}$  - расход сточных вод, сбрасываемых в водоем или водоток;  $C_{cm.}$  и  $C_B$  - концентрации загрязняющих веществ в сточных водах и в водном источнике до выпуска в него сточных вод;  $C_{макс.}$  - максимальная концентрация вещества в створе водного объекта.

Методы непосредственного определения коэффициента смешения или кратности основного разбавления основаны на расчете поля концентрации. Величина коэффициента смешения описывается следующим выражением:

$$\gamma = (1 - \beta) / \left( 1 + \beta \frac{Q_B}{Q_{ст}} \right), \quad (2.82)$$

где  $\beta = -\alpha \cdot \sqrt[3]{x}$ ;  $x$  - расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до рассматриваемого створа;  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения:

$$\alpha = \xi \phi \cdot \sqrt[3]{D / Q_{ст}}, \quad (2.83)$$

где  $\xi$  - коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток; при выпуске у берега  $\xi=1$ , а в стержне реки  $\xi=1,5$ ;  $\phi$  - коэффициент извилистости, равный отношению расстояния по фарватеру  $x$  от места выпуска сточных вод до рассматриваемого створа и по прямой  $x_{пр}$ ;  $D$  - коэффициент турбулентной диффузии, который для равнинных рек выражается формулой

$$D = \frac{gH_{ср} \nu_{ср}}{MC}, \quad (2.84)$$

где  $M=0,7 C+6$  при  $C \leq 60$  и  $M=48$  при  $C > 60$ ;  $C$  - коэффициент Шези;  $\nu_{ср}$  и  $H_{ср}$  - соответственно средняя скорость течения и глубина водотока на участке между выпуском сточных вод и рассматриваемым створом.

## 2.12. РАСЧЕТ СУТОЧНОГО И ЧАСОВОГО РАСХОДА ВОДЫ

Расчет суточного и часового расхода воды необходим для проектирования устройства водоснабжения.

### Задание

Определить максимальный и минимальный часовые расходы воды  $Q_{ч.макс}$ ,  $Q_{ч.мин}$ .

Исходные данные представлены в табл. 2.41.

Системы водоснабжения представляют собой набор взаимосвязанных сооружений, предназначенных для забора воды из различных источников, улучшения ее качества до нормативных требований, транспортировки, хранения и распределения между потребителями. Современные системы водоснабжения являются сложным комплексом различных сооружений (подсистем), включающих в свой состав разнообразные элементы: установки, механизмы, приборы, арматуру, трубопроводы и т.п.

Таблица 2.41

#### Исходные данные

Варианты	$q_{ж}$ , л/сут	N, тыс.чел	$K_{сут. макс.}$	$K_{сут. мин.}$	$F_{п}$ , га	$q_{п}$ , л/м <sup>2</sup>	$\rho_i$ , чел/га	$F_i$ , га
1	1	1,5	1,1	0,7	10	3 и 5	1000	1
2	2	2,5	1,2	0,8	20	5 и 6	3000	2
3	3	4	1,3	0,9	30	3 и 7	5000	4
4	4	6	1,1	0,7	40	4 и 8	1000	1
5	1	10	1,2	0,8	50	5 и 9	2500	2
6	2	1	1,3	0,9	10	6 и 10	3500	3
7	3	20	1,1	0,7	20	7 и 11	1500	2
8	4	100	1,2	0,8	30	1 и 6	3000	4
9	1	4	1,3	0,9	40	3 и 8	2000	3
10	2	2,5	1,2	0,7	50	3 и 10	1000	1
11	4	100	1,1	0,7	50	1 и 7	5000	4
12	4	50	1,1	0,8	60	1 и 5	4500	5
13	2	5	1,1	0,7	30	3 и 5	2500	4
14	4	20	1,3	0,8	60	6 и 9	2500	3
15	3	10	1,1	0,9	50	7 и 9	3000	3

Расчет производится в следующей последовательности:



1. Определяем расчетный (средний за год) суточный расход воды, м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте:

$$Q_{сут. ср.} = \frac{q_{ж} N}{1000}, \quad (2.85)$$

где  $q_{ж}$  - среднесуточная норма водопотребления на 1 жителя, л/сут, принимаемая по табл. 2.42;  
N-расчетное число жителей.

Таблица 2.42

**Нормы хозяйственно-питьевого потребления воды в населенных пунктах**

Степень благоустройства районов жилой застройки	Водопотребление на 1 чел. среднесуточное за год, л/сут
1. Застройки зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125-160
2. с ваннами и местными водонагревателями	160-230
3. с ваннами и центральным горячим водоснабжением	230-350
4. Застройка зданиями, не оборудованными внутренним водопроводом и канализацией	30-50

2. Определяем расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления:

$$Q_{сут макс.} = K_{сут макс} Q_{сут ср.}, \quad (2.86)$$

$$Q_{сут мин} = K_{сут мин} Q_{сут ср.}, \quad (2.87)$$

где  $K_{сут макс}$  и  $K_{сут мин}$  - соответственно максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления.

3. Определяем расход воды на поливку:

$$Q_n = 10 \sum F_n q_n n \text{ (м}^3\text{/сут)}, \quad (2.88)$$

где  $F_{п}$  - поливаемая площадь, га;  $q_{п}$  - норма расхода воды, л/сут, на 1 поливку в зависимости от вида поливаемых площадей, определяем по табл. 2.43;  $n$ -количество поливок в сутки (принимаем  $n=2$ ).

4. Определяем число жителей в данной жилой зоне:

$$N_i = p_i \cdot F_i, \quad (2.89)$$

где  $p_i$  - плотность населения в данной зоне жилой застройки, чел/га;  
 $F_i$  - площадь застройки этой зоны, га.

Таблица 2.43

**Нормы хозяйственно –питьевого водопотребления**

Водопотребитель	Измеритель	Нормы расхода воды в сутки максимального водопотребления, л/сут
1. Общежития без душевых	1 чел.	60
2. Общежития с душевыми	1 чел.	100
3. Гостиницы и пансионаты с ванными в отдельных номерах	1 чел.	230
4. Больницы, санатории и дома отдыха общего типа	1 койка	250
5. Больницы и санатории с грязелечением	1 койка	500
6. Школы-интернаты	1 место	200
7. Продовольственные магазины	1 чел.	400
8 Парикмахерские	1 чел.	120
9. Административные здания	1 чел.	15
10. Школы	1 чел.	20
11. Бани без плавательных бассейнов	1 чел.	180

5. Определяем максимальный и минимальный часовые расходы воды:

$$Q_{ч. макс.} = K_{ч. макс.} \cdot Q_{сут макс.} / 24, \quad (2.90)$$

$$Q_{ч. мин} = K_{ч. мин} \cdot Q_{сут мин} / 24, \quad (2.91)$$

где  $K_{ч. макс.}, K_{ч. мин}$  - коэффициенты часовой неравномерности максимального и минимального водопотребления,

$$K_{ч.макс.} = \alpha_{макс} \beta_{макс}, \quad (2.92)$$

$$K_{ч.мин.} = \alpha_{мин.} \beta_{мин.}, \quad (2.93)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия;  $\beta$  - коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте, принимается по табл. 2.44.

Таблица 2.44

**Значение коэффициента  $\beta$  [11]**

$\beta$	Значение $\beta$ при количестве жителей в населенном пункте, тыс.чел.								
	1	1,5	2,5	4	6	10	20	100	$\leq 100$
Макс.	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1
Мин.	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,7	1

### 2.13. АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ КОНТРОЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

С помощью анализа экспериментальных данных контроля экологического состояния природных и инженерных объектов можно освоить способы обработки и анализа экспериментально полученной информации о зависимости одного параметра от другого или других, а также способов представления экспериментальных данных в графическом и аналитическом виде, пользуясь основными методами математической статистики.

Обычно различные измерения предполагают исследование изменения одного параметра в зависимости от другого или других. Экспериментальные зависимости этих параметров могут иметь разный вид (рис. 2.4).

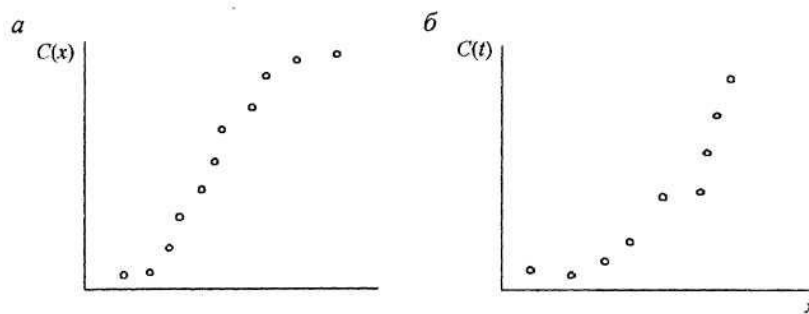


Рис. 2.4. График экспериментальных зависимостей изменения Параметров

Дальнейший анализ полученных экспериментально сведений о зависимости  $C(x)$  от  $x$  или  $C(t)$  от  $t$  требует обработки этих сведений. Такая обработка осуществляется для представления полученной информации в графическом (рис.2.5) или аналитическом виде.

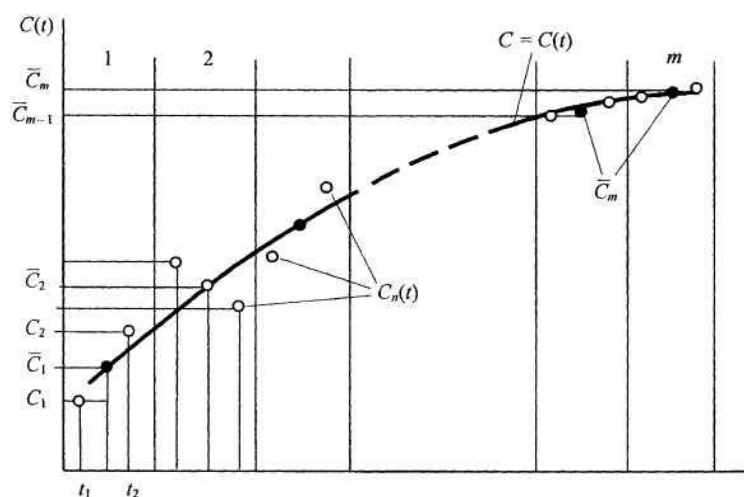
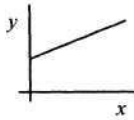
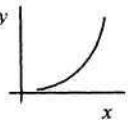
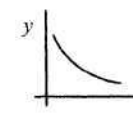
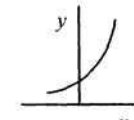


Рис. 2.5. График зависимости  $C(t)$

В первом случае, т.е. при необходимости представить зависимость двух параметров в графическом виде, на координатную сетку с координатами, например  $C(t)$  и  $t$ , наносят точки с координатами  $(C_1; t)$ ,  $(C_2; t)$ , ...,  $(C_n; t)$ . После этого весь интервал изменения параметра  $t$  произвольно разбивают на  $m$  равных интервалов так, чтобы в каждом интервале было не менее двух экспериментальных точек, и для каждого интервала определяют среднее арифметическое значение  $C_m(t)$ .

Часто исследователям необходимо представить полученные экспериментально зависимости в аналитическом виде. С достаточной точностью можно утверждать, что любая опытная зависимость с допустимыми отклонениями будет совпадать с какой-либо из известных функций, например линейной, степенной, гиперболической, показательной или другой. Аналитическое выражение экспериментальной зависимости может быть получено в виде одной из функций, если предварительно будут рассчитаны значения коэффициентов  $a$  и  $b$  в соответствующих уравнениях регрессии (табл. 2.45).

**Виды функциональной зависимости**

Зависимость	Графическое изображение	Уравнение регрессии	Коэффициенты
Линейная		$y = a + bx$	$a = \frac{1}{n}(\sum y_i - n\sum x_i);$ $b = \frac{\sum x_i \sum y_i - n\sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n\sum x_i^2}$
Степенная		$y = ax^b$	$a = \text{exx} \left[ \frac{1}{n}(\sum \ln y_i - b\sum \ln x_i) \right];$ $b = \frac{\sum \ln x_i \sum \ln y_i - n\sum \ln x_i \sum \ln y_i}{(\sum \ln x_i)^2 - n\sum (\ln x_i)^2}$
Гиперболическая		$y = a + \frac{b}{x}$	$a = \frac{1}{n}(\sum y_i - b\sum \ln x_i);$ $b = \frac{n\sum y_i/x_i - \sum \ln x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$
Показательная		$y = ab^x$	$\lg a = \frac{1}{n}(\sum \lg y_i - \lg b \sum x_i);$ $\lg b = \frac{n\sum x_i \lg y_i - \sum x_i \sum \lg y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$

### Задание

1. Установить аналитический вид зависимости и построить ее график.

2. На основе исходных данных составить таблицу, расположив значения измеряемого параметра  $C(x)_n$  в порядке возрастания  $x$ . Затем начертить координатную сетку и нанести на нее точки  $C(x)_n$  и  $x_n$ , выбрав для их обозначения определенный символ (например, светлый кружок).

Затем весь интервал измерения параметра  $x$  разбить на  $m$  равных и произвольных интервалов, в которые попадает не менее двух точек. Для каждого интервала рассчитать средние значения  $C(t)_n$ , откладывая их на координатной сетке и обозначая, например залитым кружком, как на рис. 2.5. Соединив точки  $C(t)_m$  плавной кривой, получим график  $C = C(x)$ .

В соответствии с рекомендациям в варианте выбрать вид аналитической функции и рассчитать значения параметров  $a$  и  $b$  (табл. 2.45).

3. Записать аналитический вид функции в окончательном виде и построить ее график.

Затем следует визуально оценить совпадение экспериментальной и теоретической зависимостей. Ниже представлены предлагаемые варианты заданий.

**Вариант 1.** При исследовании работы отстойного устройства были получены следующие значения концентрации взвешенных веществ за время работы устройства:

$t, \text{ч}$	0,25	0,5	1,0	2,0	2,5	3,5	4,0	5,0
$C, \text{мг/л}$	3,5	2,5	2,0	1,70	1,35	1,72	1,725	1,56
$t, \text{ч}$	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
$C, \text{мг/л}$	1,6	1,55	1,75	1,5	1,65	1,56	1,45	1,50

Предполагаемый вид зависимости  $C = C(t)$  - гиперболический.

**Вариант 2.** Эффективность коагуляции определяется концентрацией  $C$  загрязняющих веществ в объеме очищаемой воды, что напрямую зависит от дозы коагулянта  $D_K$ . Получены следующие значения концентрации веществ при различных дозах коагулянта:

$D_K, \text{г}$	1,0	2,0	2,5	4,0	4,5	5,5	6,5
$C, \text{мг/л}$	12,5	11,0	9,0	6,8	6,0	5,5	4,5
$D_K, \text{г}$	7,2	8,0	9,5	10,8	11,1	12,3	13,5
$C, \text{мг/л}$	4,0	2,0	2,5	1,5	1,0	1,5	1,4

Предполагаемый вид зависимости  $C = C(D_K)$  - гиперболический.

**Вариант 3.** При исследовании эффективности процесса флотации были получены следующие значения концентрации взвешенных веществ в течение времени процесса:

t, ч	1,0	1,5	2,0	3,5	4,9	5,5	6,0
C, мг/л	7,5	6,5	7,0	5,5	4,6	4,5	3,5
t, ч	7,2	8,0	9,5	10,0	11,5	12,0	13,0
C, мг/л	4,0	3,8	3,0	2,5	3,0	2,4	2,5

Предполагаемый вид зависимости - гиперболический.

**Вариант 4.** Зависимость показаний прибора  $U_{пр}$  для определения концентрации  $C$  загрязняющих веществ в потоке жидкости от величины концентрации следующая:

$U_{пр}$	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0	5,0	5,5
C, мг/л	3,5	4,0	4,0	5,5	5,0	6,5	7,5
$U_{пр}$	6,5	7,5	8,0	9,0	10,5	11,0	12,5
C, мг/л	7,5	7,0	8,5	9,9	9,0	10,0	11,5

Предполагаемый вид зависимости- линейный.

**Вариант 5.** Стоимость очистки в условных денежных единицах  $P$  с увеличением в  $n$  раз степени очистки меняется следующим образом:

P	0,2	0,8	1,5	1,9	2,4	2,9
n	0,5	1,2	2,0	2,0	3,5	3,1
P	3,0	3,5	3,9	4,1	4,5	4,9
n	5,0	7,0	6,1	9,6	8,0	13,0

Предполагаемый вид зависимости - степенной.

**Вариант 6.** Результаты измерений концентрации загрязненных веществ в воде водоема в зависимости от расстояния до места сброса следующие:

L, м	0,5	1,6	2,5	3,6	4,8	5,6	6,4
C, мг/л	8,0	7,0	6,5	5,1	4,9	4,0	3,8

Предполагаемый вид зависимости - показательный

**Вариант 7.** При исследовании работы адсорбционного фильтра были получены следующие значения концентрации загрязняющих веществ на выходе из фильтра за время его работы:

<i>t</i> , ч	0,4	0,7	1,0	1,5	2,2	2,8	3,6
<i>C</i> , мг/л	0,7	1,3	1,5	2,0	2,4	2,5	2,6
<i>t</i> , ч	4,3	5,0	5,9	6,2	7,0	8,0	8,7
<i>C</i> , мг/л	3,0	3,1	3,2	3,7	3,5	3,9	3,8

Предполагаемый вид зависимости - степенной.

**Вариант 8.** Стоимость очистки в условных денежных единицах *P* возрастает с увеличением в *n* раз степени очистки следующим образом:

<i>P</i>	0,5	1,0	2,0	2,4	3,5	4,2
<i>n</i>	0,2	0,5	1,0	1,4	1,5	2,5
<i>P</i>	5,0	5,9	6,1	7,0	7,8	8,9
<i>n</i>	2,8	4,0	6,0	6,2	10,5	12,0

Предполагаемый вид зависимости - степенной.

## 2.14. АССИМИЛЯЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

С помощью экономической оценки ассимиляционной емкости вредных веществ на окружающую среду определяют способность без ущерба для себя «усваивать» техногенные воздействия.

Ассимиляционная емкость окружающей среды (ОС) — способность ее без ущерба для себя «усваивать» техногенные воздействия. Это свойство ОС позволяет до определенного момента не задумываться об объемах использования ресурсов и предотвращении загрязнений. Однако возможности ОС по ассимиляции загрязнений конечны. На практике принято определять возможности природной среды ассимилировать негативные воздействия по значениям предельно допустимых воздействий — предельно допустимых выбросов (ПДВ), предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ и др.

Ассимиляционная емкость ОС рассматривается как особый вид природных ресурсов. Как и прочие природные ресурсы, она требует экономической оценки. Величина такой оценки может определяться исходя из возможностей экономии средств на предотвращение негативных воздействий: меньших объемов очистки отходящих газов, более низкой степени очистки сточных вод и др. То есть при экономической оценке исходят из положения о том, что ассимиляционная емкость ОС позволяет экономить средства природопользователей на средозащитные мероприятия за счет того, что негативные эффекты проявляются лишь после ее превышения.

### Задание

Дать экономическую оценку ассимиляционного потенциала ОС двух загрязняющих веществ: диоксида серы, двуокиси азота. Исходные данные представлены по вариантам в табл. 2.47-2.56.



Экономическую оценку ассимиляционной емкости (при оценке воздействия одного вещества на ОС) определяют по формуле

$$Э_a = ПДВ(C + Y) 0,5 - (ФВ - ПДВ) Y, \text{ руб.} \quad (2.94)$$

где  $Э_a$  - экономическая оценка ассимиляционного потенциала; ПДВ и ФВ - предельно допустимый и фактический уровень выбросов, т. или т/год; С - средние затраты на улавливание единицы выбросов, руб./т; Y - средний ущерб, приносимый единицей выбросов на рассматриваемой территории, руб./т.

При этом оценивается ассимиляционный потенциал ОС только по одному из выбрасываемых веществ. Очевидно, что полная оценка величины ассимиляционного потенциала будет складываться из суммы значений  $Э_a$  для отдельных веществ, поступающих в ОС на рассматриваемой территории.

Показатели средних удельных затрат на предотвращение загрязнения атмосферы приведены в табл. 2.46.

Таблица 2.46

**Показатели средних удельных затрат на предотвращение загрязнения атмосферы [16]**

Вещества	Удельные затраты на предотвращение выброса в атмосферу загрязняющих веществ, млн. руб./т
Твердые частицы	1.896
Окись углерода	0,36
Сернистый ангидрид	8,4
Окислы азота	2,76
Летучие углеводороды	0,246
Прочие органические соединения	0,834
Прочие неорганические соединения	16,116

Таблица 2.47

**Исходные данные для вариант 1**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический выброс, т/год	Средний ущерб, млн. руб. /год
SO <sub>2</sub>	2485,1	3230	51163200
NO <sub>x</sub>	1478,9	1480	58394880
CO	6009,5	5750	5520000
углеводороды	613,9	700	2688000
твердые частицы	633,6	645	25696800

Таблица 2.48

**Исходные данные для вариант 2**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический вы- брос, т/год	Средний ущерб, млн. руб. /год
SO <sub>2</sub>	2745	2650	41976000
NO <sub>x</sub>	1258	1300	51292800
CO	488	475	456000
углеводороды	865	880	3379200
твердые частицы	548	560	22310400

Таблица 2.49

**Исходные данные для вариант 3**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический вы- брос, т/год	Средний ущерб, млн. руб. /год
SO <sub>2</sub>	2112	1995	31600800
NO <sub>x</sub>	1257	1315	51884640
CO	5108	5200	4992000
углеводороды	758	725	2784000
твердые частицы	538	500	19920000

Таблица 2.50

**Исходные данные для вариант 4**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический вы- брос, т/год	Средний ущерб, млн. руб. /год
SO <sub>2</sub>	1795,485	2200	34848000
NO <sub>x</sub>	1068,505	1000	39456000
CO	4341,864	4350	4676000
углеводороды	936,335	990	3801600
твердые частицы	457,776	420	16732800

Таблица 2.51

**Исходные данные для вариант 5**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический вы- брос, т/год	Средний ущерб, млн. руб. /год
SO <sub>2</sub>	2608,225	2750	43560000
NO <sub>x</sub>	1887	1950	76939200
CO	6353,75	6400	6144000
углеводороды	760,76	723	2776320
твердые частицы	493,45	450	17928000

Таблица 2.52

**Исходные данные для вариант 6**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический вы- брос, т/год	Средний ущерб, млн. руб. /год
SO <sub>2</sub>	1705,711	1680	26611200
NO <sub>x</sub>	1602,75	1580	62340480
CO	5644,42	5700	5472000
углеводороды	823,98	840	3225600
твердые частицы	411,99	412	16414080

Таблица 2.53

**Исходные данные для вариант 7**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический вы- брос, т/год	Средний ущерб, млн. руб. /год
SO <sub>2</sub>	2477,8	2520	39916800
NO <sub>x</sub>	2830,5	2750	10567808
CO	8259,87	8300	7968000
углеводороды	669,46	670	2572800
твердые частицы	444,08	450	17928000

Таблица 2.54

**Исходные данные для вариант 8**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический вы- брос, т/год	Средний ущерб, млн. руб /год
SO <sub>2</sub>	1620,42	1650	26136000
NO <sub>x</sub>	2404,23	2380	93905280
CO	7337,75	7300	7008000
углеводороды	725,09	715	2745600
твердые частицы	370,79	370	14740800

Таблица 2.55

**Исходные данные для вариант 9**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический вы- брос, т/год	Средний ущерб, млн. руб /год
SO <sub>2</sub>	2006,72	2000	31680000
NO <sub>x</sub>	1194,21	1200	47347200
CO	4852,678	4850	4656000
углеводороды	720,25	730	2803200
твердые частицы	511,632	560	22310400

Таблица 2.56

**Исходные данные для вариант 10**

Вещества	ПДВ, т/год	Фактический выброс, т/год	Средний ущерб, млн. руб /год
SO <sub>2</sub>	2608,225	2500	39600000
NO <sub>x</sub>	1195,1	2200	86803200
CO	4643,125	4640	4454400
углеводороды	821,276	850	3264000
твердые частицы	520,837	750	29880000

### 2.15. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

С помощью расчета дают экономическую оценку ущерба в результате воздействия промышленного объекта на атмосферу.

#### Задание

Используя данные предыдущего расчета (2.14), дать экономическую оценку ущерба в результате воздействия промышленного предприятия расположенного в пункте А (табл. 2.57) на атмосферу. Величину удельного ущерба от загрязнения атмосферы примем равной 3,3 руб./усл. т. Тип загрязняемой территории принять по таблице 2.57 в соответствии с вариантом.

Экономический ущерб от загрязнения атмосферы определяется по формуле

$$Y = \gamma \sigma f M \text{ (руб.)}, \quad (2.95)$$

где  $Y$  - величина экономического ущерба от загрязнения ОС, руб.;  $\gamma$  - величина удельного ущерба от загрязнения ОС, руб./т;  $\sigma$  - поправка, учитывающая характер территории, на которую осуществляется воздействие (табл. 2.57);  $f$  - поправка, учитывающая характер рассеивания примесей в атмосфере, (примем  $f=1$ );  $M$  - приведенная масса загрязняющих веществ, усл. т, определяемая как произведение фактической массы выбрасываемого вещества и показателя его относительной опасности (показатель агрессивности  $A_i$  приведен в табл. 2.58).

$$M = \sum_{i=1}^n A_i m_i, \quad (2.96)$$

где  $m_i$  - значение фактической массы  $i$ -го вида загрязняющего вещества, т.

Таблица 2.57

**Показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха на территории различных типов**

Вариант	Тип загрязнения территории	$\sigma$
1	Курорты, санатории, заповедники, заказники	10
2	Пригородные зоны отдыха	8
3	Садовые и дачные кооперативы	8
4	Территории промышленных предприятий	4
5	Леса 1-й группы	0,2
6	Леса 2-й группы	0,1
7	Леса 3-й группы	0,25
8	Пашни (южные зоны)	0,15
9	Виноградники, сады	0,5
10	Пастбища	0,05

Таблица 2.58

**Показатель агрессивности примеси в атмосферном воздухе**

Наименование вещества	$A_i$
Оксид углерода	1
Аммиак	4,64
Пыль нетоксичная	15,1
Диоксид серы	16,5
Диоксид азота	19,6
Сероводород	41,1
Сажа	1,3
Углеводороды	1,7
Бензол	15,5

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение безопасности труда и отдыха способствует сохранению жизни и здоровья людей за счет снижения травматизма и заболеваемости.

Поддержание оптимальных условий деятельности человека создает предпосылки для высокой работоспособности и продуктивности.

Выявление и оценка качественных и количественных значений вредных и опасных факторов производственной среды позволяет разработать мероприятия по снижению вероятности возникновения аварий и несчастных случаев на производстве.

## **Библиографический список рекомендованной литературы**

1. Учебное пособие для студентов заочного отделения факультета водоснабжение и отведение. -М.: Издательство АСВ, 2004,-368с.
- 2.Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л.:Гидрометеиздат, 1987.-93с.
3. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов /НИИ «Атмосфера». СПб, 1998.
4. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения /Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1989.
5. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды /Л.А. Кульский, И.Т. Горановский, А.М. Когановский, М.А. Шевченко. Киев: Наукова думка, 1980. Т.2.
6. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. М.: Стройиздат, 1975.
7. ГОСТ 12.1.012-78\* ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности. –М.: Изд-во стандартов, 1982.-35 с.
8. Борьба с шумом на производстве: Справочник /Под. Ред. Е.Я. Юдина-М.: Машиностроение, 1985.-399 с.
9. Защита от шума в градостроительств. Справочник проектировщика. -М.: Стройиздат, 1993.-95с.

10. ГОСТ 12.1.023-80. ССБТ. Шум. Методы установления значений шумовых характеристик стационарных машин. М.: Изд-во стандартов, 1980-40 с.
11. СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.-М.: Госстрой России, 1988.-128 с.
12. Производственная санитария: Справочное пособие /Под ред. проф. Б.М. Злобинского ~М.: Изд-во «Металлургия», 1969-С.48
13. Судаков К. В. и др. Основы физиологии функциональных систем. - М.: 1983.
14. Инженерная экология: Практикум / Ю.В. Шувалов и др. С-Пб горный институт (технический университет) С-Пб 2004. 55с.
16. Бабина Ю.В., Варфоломеев Э.А. Экологический менеджмент: Учеб. пособие.- М.:ИД «Социальные отношения», Изд-во «Перспектива», 2002.-207с.
15. Крикунов Г.Н., Руссков В.Е. Сборник задач по охране труда, Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981, 160 с.
16. Инженерная защита окружающей среды/Под общ. Ред. Ю.И. Бирмана, Н.Г. Вурдовой. -М.:Изд-во АСВ, 2002.-296с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
<b>Безопасность жизнедеятельности</b>	
1.1. Расчет стальных виброизоляторов.....	4
1.2. Расчет резиновых виброизоляторов.....	6
1.3. Расчет виброизоляции и виброгасящего основания.....	8
1.4. Расчет виброизоляции рабочего места оператора.....	14
1.5. Определение уровня шума и звукоизоляции.....	19
1.6. Расчет звукопоглощающих облицовок.....	21
1.7. Расчет электрического освещения участка дороги.....	24
1.8. Расчет параметров сооружений для обработки осадков сточных вод.....	27
1.9. Расчет заземляющих устройств.....	33
1.10. Расчет мощности электродвигателя лебедки.....	39
1.11. Расчет защитных экранов.....	42
1.12. Расчет потерь тепла.....	44
1.13. Расчет потерь тепла на нагревание наружного воздуха, материалов и транспорта, поступающих в помещение.....	49
1.14. Расчет приточно-вытяжной вентиляции для удаления	

избыточных теплоты, водяных паров, газов и пыли.....	50
1.15. Расчет устойчивости подпорной стенки на опрокидывание.....	56
1.16. Расчет устойчивости противопожарной стенки на опрокидывание.....	57
1.17. Оценка состояния здоровья и резервных возможностей адаптационных систем с помощью теста МПК.....	59

### **Охрана окружающей среды**

2.1. Определение качества атмосферного воздуха на территории автопарка.....	62
2.2. Расчет токсичных выбросов в атмосферу при эксплуатации автомобилей.....	73
2.3. Расчет и оценка поверхностного стока с автомобильной дороги.....	77
2.4. Расчет и оценка уровня загрязнения почв вдоль автодорог.....	80
2.5. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника при $\Delta T \neq 0$ .....	84
2.6. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника при $\Delta T \approx 0$ .....	89
2.7. Расчет концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе с учетом влияния рельефа местности.....	91
2.8. Расчет потребной эффективной высоты промышленных выбросов.....	93
2.9. Расчет выброса загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах котельной.....	95
2.10. Расчет требуемой степени очистки производственных стоков.....	103
2.11. Расчет основного разбавления при выпуске сточных вод в водотоки.....	107
2.12. Расчет суточного и часового расхода воды.....	109
2.13. Анализ экспериментальных данных контроля экологического состояния природных и инженерных объектов.....	112
2.14. Ассимиляционная емкость окружающей среды.....	117
2.15. Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферы.....	122
Заключение.....	124
Библиографический список рекомендованной литературы.....	125



Жидко Елена Александровна

Манохин Вячеслав Яковлевич

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Сборник задач

для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство»

Редактор Суханова Т.В.

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. л. 7.97

Усл.-печ. л. 8. Тираж 260 экз. Бумага писчая. Заказ №

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84