

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра инженерной защиты окружающей среды

А.С.БАТУГИН, Г.Н.ФЕЙТ, К.С.КОЛИКОВ, А.А.ЗАХАРОВА, М.В.ТАРАСОВА

СБОРНИК ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО КУРСУ

"Инженерная защита окружающей среды"

Москва 2003

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 <i>Оценка уровня загрязненности воды водоемов по значениям ПДК.....</i>	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 <i>Расчет необходимой степени очистки сточных вод перед их сбросом в естественные водоемы.....</i>	7
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 <i>Расчет допустимой концентрации и ПДС сточных вод.....</i>	11
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 <i>Расчет технологического оборудования для пескоулавливания при механической очистке промышленных сточных вод.....</i>	13
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5 <i>Расчет параметров гидроциклона для механической очистки промышленных сточных вод.....</i>	17
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6 <i>Изучение технологической схемы для очистки шахтных вод.....</i>	20
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7 <i>Расчет биологического пруда с естественной аэрацией.....</i>	22
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8 <i>Прогноз степени выбросоопасности и расчет параметров управления напряженным и газодинамическим состоянием угольных пластов для предотвращения внезапных выбросов в шахтах.....</i>	23
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9 <i>Оценка величины выбросов загрязняющих веществ котельных Часть I. Сжигание твердого топлива.....</i>	35
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10 <i>Оценка величины выбросов загрязняющих веществ котельных Часть II. Совместное сжигание угля и шахтного метана.....</i>	38
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11 <i>Определение минимальной высоты источника выброса.....</i>	42
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12 <i>Определение шумовой характеристики транспортного потока.....</i>	47

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОДЫ ВОДОЕМОВ ПО ЗНАЧЕНИЯМ
ПДК

Цель работы – ознакомиться с порядком величин ПДК некоторых веществ и уяснить смысл эффекта суммации загрязнителей.

Общие сведения.

"Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" установлено разделение водных объектов на два вида водопользования: 1 – хозяйственно-питьевого и культурно-бытового; 2 – рыбохозяйственного назначения.

Качество воды в водоемах регламентируется предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ, величина которых устанавливается в зависимости от категории и вида водопользования для водного объекта (см. табл.). ПДК – основной гигиенический норматив, положенный в основу современного водно-санитарного законодательства. Вода считается пригодной для конкретного вида водопользования, если ни по одному из лимитирующих показателей ее состава и свойств не превышены значения ПДК.

При поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности (ЛПВ) с учетом примесей, попадающих в водоем или водоток от вышерасположенных выпусков, должно соблюдаться условие:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (1)$$

где $C_{1,2,\dots,n}$ – концентрация загрязняющих веществ с одинаковым ЛПВ.

Выражение (1) отражает эффект суммации загрязнений.

З а д а н и е:

1. Дать определение ПДК.
2. Пояснить смысл понятия "Лимитирующий показатель вредности".
3. Оценить степень загрязненности воды по суммарным значениям ПДК для каждого ЛПВ отдельно.
4. Определить пригодность воды для разных видов водопользования.

Показатели качества воды перечислены в последнем столбце таблицы 1. Для анализа воды выбрать данные по 5 веществам по зависимости: $n_{i+1} = n_i + 3$, $n, n_1 = N$, где

n - номер загрязняющего вещества по таблице, N - номер студента по журналу. Для выполнения задания воспользоваться формулой (1).

Результаты представить в виде таблицы:

Вид водопользования	ЛПВ	Суммарное значение ПДК	Вывод

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в водных объектах, мг/л представлены в табл.1:

Таблица 1

№ п/п	Ингредиент	Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование	ЛПВ	Рыбохозяйственные цели	ЛПВ	Фактическая концентрация веществ
1	Аммиак	2,0	Сан.	0,05	Токс.	0,7
2	Анилин	0,1	С.-т.	0,001	Токс.	0,01
3	Ацетон	0,05	Орг.	0,05	Токс.	0,03
4	Бензол	0,5	С.-т.	0,5	Токс.	0,3
5	Железо	0,3	Орг.	0,05	Токс.	0,2
6	Кадмий	0,001	С.-т.	0,005	Токс.	0,003
7	Кобальт	0,1	С.-т.	0,01	Токс.	0,01
8	Метанол	3,0	С.-т.	1,0	С.-т.	0,5
9	Марганец	0,1	Орг.	0,1	Орг.	0,03
10	Медь	1,0	Орг.	0,1	Токс.	0,02
11	Мышьяк	0,05	С.-т.	0,05	Токс.	0,01
12	Нитриты	10	С.-т.	0,08	С.-т.	0,2
13	Нитраты	45,0	С.т.	40,0	С.-т.	5,0
14	Нефть	0,1	Орг.	0,01	С.-т.	0,005
15	ПАА	2,0	С.-т.	2,0	С.-т.	0,7
16	Ртуть	0,0005	С.-т.	0,00001	Токс.	0,000002
17	Свинец	0,1	С.-т.	0,1	Токс.	0,01

1	2	3	4	5	6	7
18	Стронций	7,0	С.-т.	10,0	Токс.	2,0
19	ОП-7	0,4	Орг.	0,3	Токс.	0,01
20	ОП-10	1,5	Орг.	0,5	Токс.	0,01
21	Фенол	0,001	Орг.	0,001	С.-т.	0,0001
22	Никель	0,1	С.-т.	0,01	Токс.	0,005
23	Хром 6 ⁺	0,1	Орг.	0,001	С.-т.	0,0005
24	Хром 3 ⁺	0,5	Орг.	0,001	С.-т.	0,0005
25	Цинк	1,0	С.-т.	0,01	Токс.	0,1

Сокращения:

ЛПВ – лимитирующий показатель вредности.

Орг. – органолептический ЛПВ.

С.-т. – санитарно-токсикологический ЛПВ.

Токс. – токсический ЛПВ.

Сан. – общесанитарный ЛПВ.

РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕД ИХ СБРОСОМ В ЕСТЕСТВЕННЫЕ ВОДОЕМЫ

Цель работы – ознакомиться с принципами расчетов разбавления сточных вод в естественных условиях и необходимой степени их очистки.

Общие сведения.

Поверхностные водные объекты или отдельные их участки разделяются на два вида водопользования: 1) хозяйственно-питьевое, культурно-бытовое и 2) рыбохозяйственное. При каждом виде водопользования предусматривается разделение водных объектов или их участков на две категории. Водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения 1-й категории используются для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения предприятий пищевой промышленности; водные объекты 2-й категории – для устройства пляжей, спорта и отдыха населения. Водные объекты рыбохозяйственного назначения 1-й категории используются для сохранения и воспроизводства ценных сортов рыб, обладающих высокой чувствительностью к изменению содержания кислорода в воде; 2-я категория – для других рыбохозяйственных целей.

Состав и свойства воды в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения после сброса в них сточных вод должны соответствовать нормативам в створе, расположенном на расстоянии 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор, место купания, территория населенного пункта), а на непроточных водоемах и водохранилищах – 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

При сбросе стоков в рыбохозяйственные водоемы местоположение контрольного створа в каждом конкретном случае определяется органами рыбоохраны, но не далее чем в 500 м от места выпуска сточных вод не разрешается.

После сброса сточных вод в водоем происходит их разбавление водами этого водоема. На пути от места выпуска сточных вод до контрольного створа, где измеряется ПДК, концентрация загрязнений уменьшается за счет разбавления стоков чистой водой. Поэтому концентрация загрязняющего вещества в сточных водах может значительно превышать его ПДК для водоема данного вида пользования.

С учетом разбавляющей способности водоема и фоновой концентрации в нем данного загрязнителя определяют максимально допустимую концентрацию этого

загрязнителя в сбрасываемых сточных водах. Если эта максимально допустимая концентрация загрязняющего вещества для сбрасываемых стоков, полученная расчетным путем или указанная в нормативах, ниже, чем фактическая, то такие стоки предварительно должны быть очищены. Для этого определяется степень их необходимой очистки.

З а д а н и е:

1. Определить кратность разбавления сточных вод при выпуске их в проточный водоем.
2. Определить максимально допустимую концентрацию взвешенных веществ и других загрязнителей (по списку из работы 1) в сбрасываемых водах.
3. Определить необходимую степень очистки стоков перед их сбросом в водоем по взвешенным веществам и другим загрязнителям.

Методические указания

Разбавление как метод предотвращения загрязнения природных вод применимо только в тех случаях, когда концентрация загрязнений в контрольных створах не превышает предельно допустимых величин. При расчете разбавлений сточных вод водами проточных естественных водоемов используют понятие кратности разбавления на участке от пункта сброса сточных вод до заданного створа. В соответствии с методом Фролова – Родзиллера кратность разбавления

$$n = \frac{(q + k \cdot Q)}{q},$$

где k – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода водотока смешивается со сточной водой: соответственно расход воды в водотоке и максимальный расход сточных вод, м³.

Коэффициент смешения

$$k = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot l}}{1 + \frac{(Q)}{q} e^{-\alpha \cdot l}},$$

где l – длина русла от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

α – коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения.

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt{\frac{D}{q}},$$

где ξ – коэффициент, учитывающий условия выпуска сточных вод; для берегового выпуска, $\xi = 1$, для руслового $\xi = 1,5$;

φ - коэффициент извилистости русла, определяемый как отношение длины русла от места выпуска до расчетного створа L к расстоянию между этими пунктами по прямой;

D - коэффициент турбулентной диффузии по упрощенной формуле М.В. Потапова для равнинных водотоков и приближенных расчетов

$$D = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200},$$

где V_{cp} - средняя скорость течения водотока на участке между выпуском сточных вод и расчетным створом, м/с;

H_{cp} - средняя глубина водотока на том же участке, м.

Расчет максимально допустимой концентрации загрязнений в сбрасываемых стоках.

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ в сточной воде, разрешенной к спуску в водный объект, в граммах на кубический метр

$$C_{sp} = p \cdot n + b,$$

где p - допустимое санитарными нормами содержание взвешенных веществ в водном объекте после спуска сточных вод, г/м³ (табл. 1);

b - содержание взвешенных веществ в водном объекте до места спуска в него сточных вод г/м³.

Требования к составу и свойствам воды по взвешенным веществам водных объектов приведены в табл. 1

Таблица 1

Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование	Рыбохозяйственные цели
Содержание не должно увеличиваться больше чем на мг/л: 0,25 - для водоснабжения; 0,75 - для купания, спорта и отдыха населения, а также в черте населенных пунктов	Содержание не должно увеличиваться больше чем на мг/л: 0,25 - для сохранения и воспроизводства ценных пород рыб; 0,75 - для всех других рыбохозяйственных целей

Максимально допустимая концентрация других загрязняющих веществ определяется по выражению:

$$C_{np} = \frac{k \cdot Q \cdot (C_{пдк} - C_{\phi})}{q} + C_{пдк},$$

где C_{ϕ} – концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше места выпуска сточных вод (фоновая концентрация);

$C_{пдк}$ – концентрация этого вещества для водотоков данного вида водопользования.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод перед сбросом их в водоем.

Степень необходимой очистки сточных вод выражается в процентах:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{св} - C_{np}}{C_{св}} \cdot 100\%,$$

где $C_{св}$ – содержание взвешенных веществ в сточной воде до очистки, мг/л.

Исходные данные:

- $q = 500 \text{ м}^3/\text{ч} + 20N$, где N – порядковый номер студента по журналу;
- $Q = 10000 \text{ м}^3/\text{ч} + 1000N$;
- $L_{п} = 700 \text{ м}$;
- $L = 1000 \text{ м}$;
- вид выпуска – береговой для четных N , русловой – для нечетных;
- $V_{cp} = 1 \text{ м/с} + 0,01N$;
- $H_{cp} = 1 \text{ м} + 0,01N$;
- по взвешенным веществам: $C_{св} = 300 + 50N$, $b = 5 + 0,1N$, мг/л;
- по остальным загрязнителям $C_{св} = 20ПДК$. Значения C_{ϕ} и ПДК по данным работы 1.

РАСЧЕТ ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ И ПДС СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы – ознакомиться с принципом установки значений ПДС некоторых веществ и уяснить смысл эффекта суммации загрязнителей.

Общие сведения.

Качество воды в водоемах регламентируется предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ, величина которых устанавливается в зависимости от категории и назначения водного объекта.

При поступлении в водные объекты нескольких веществ (C^n) с одинаковым лимитирующим показателем вредности и с учетом примесей, попадающих в водоем или водоток от вышерасположенных выпусков (C^{ϕ}), сумма отношений этих концентраций каждого из веществ к соответствующему ПДК не должна превышать 1:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1,$$

$$C_n = C_n^n + C_n^{\phi}.$$

Под предельно допустимым сбросом вещества в водный объект (ПДС) понимается масса загрязняющего вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения качества воды в контрольном пункте.

ПДС для всех категорий водопользования определяется по формуле:

$$ПДС = Q_{cm} \cdot C_{cm},$$

где Q_{cm} - расход сточных вод;

C_{cm} - концентрация веществ в сточных водах.

Величина C_{cm} , необходимая для расчета ПДС при сбросе сточных вод в пределах населенного пункта, принимается не более ПДК. В остальных случаях условия выпуска сточных вод в водные объекты определяется с учетом степени смешивания сточных вод в водоеме или водотоке по пути от места их выпуска до контрольного створа и качества воды водного объекта выше места выпуска сточных вод в водотоки. При этом принимается ограничение, согласно которому суммарное загрязнение по любому из показателей, получаемое путем сложения объемов загрязнений, содержащихся в воде водного объекта до выпуска сточных вод (C^{ϕ}) и в сточных водах, не должно превышать его содержания во всем объеме воды, протекающей через контрольный створ:

$$a_p Q_p C^{\phi} + Q_{cm} C_{cm} \leq (a_p Q_p + Q_{cm}) \cdot C_{ПДК}$$

где a_p - коэффициент смешивания, показывающий, какая часть воды водного объекта принимает участие в разбавлении сточных вод: если вся вода водотока принимает участие в разбавлении, то $a_p = 1$, в остальных случаях $a_p < 1$;

Q_p - наименьший расход воды водотока самого маловодного месяца года;

C_{cm} - максимально предельная концентрация загрязняющего вещества в сбрасываемых водах, при которой не нарушаются требования "Правил к качеству воды в контрольном створе";

Q_{cm} - расход сбрасываемых сточных вод.

Максимально допустимая концентрация загрязняющего вещества в сбрасываемых сточных водах определяется по выражению:

$$C_{cm} \leq \frac{a_p Q_p \cdot (C_{ПДК} - C^{\phi})}{Q_p} + C_{ПДК}$$

З а д а н и е:

1. С помощью таблицы ПДК определить опасность загрязнения водоемов различного вида водопользования веществами, концентрации которых перечислены в таблице 1 (см. раб. №1). Каждому студенту выбрать по 5 веществ по зависимости: $n_{i+1} = n_i + 3$, $n_i, n_1 = N$, где n_i - номер загрязняющего вещества по таблице ПДК; N - номер студента по журналу.

2. Определить величину C_{cm} для каждого из веществ при сбросе в водоемы различного вида водопользования при условии: $a_p = 1$; $Q_p = 1000 \text{ м}^3/\text{ч} + 100N$; $C^{\phi} = 0,5 \text{ ПДК}$; $Q_{cm} = 100 \text{ м}^3/\text{ч} + 10M$

3. Определить ПДС анализируемых веществ при условии $C_{cm} = C_{cm}$.
4. Построить график зависимости $C_{cm} = f(C^{\phi})$.
5. Результаты представить в виде таблиц. Сделать выводы по работе.

РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕСКОУЛАВЛИВАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы – изучить принципы расчета параметров очистных сооружений и закрепить теоретические знания

Общие сведения.

Сточные воды, сбрасываемые в водные объекты в районе действия горнодобывающих предприятий, классифицируют по условиям образования на попутно забираемые, производственные, поверхностные (сток с территории промплощадки) и бытовые.

Загрязнения, содержащиеся в сточных водах, подразделяют на минеральные, органические, бактериальные. Все они могут находиться в растворенном, нерастворенном или коллоидном состояниях. Выделение из сточных вод загрязняющих веществ может осуществляться методами механической, физико-химической и биологической очистки.

Механическая очистка предназначена для выделения из сточных вод грубодисперсных нерастворенных минеральных и органических примесей (загрязнений).

Назначение механической очистки заключается в предварительной подготовке промышленных стоков к использованию для производственного водоснабжения или к другому, более глубокому способу очистки. Методы механической очистки состоят из процеживания через решетки, пескоулавливания, отстаивания, гидроциклонирования и фильтрации. Типы и размеры очистных сооружений зависят от состава, свойств и объемов производственных сточных вод, а также от требований к качеству очищенной воды. При механической очистке обеспечивается выделение взвешенных веществ с эффективностью 80 – 90% и снижение органических загрязнений на 20 – 25%.

Для выделения из сточных вод песка и других нерастворимых минеральных примесей применяются песколовки. Наибольшее распространение получили горизонтальные песколовки, используемые при расходах сточных вод более $10000 \text{ м}^3 / \text{сутки}$. Песколовка состоит из прямолинейной проточной части с отделениями для улавливания песка (рис. 1). Число отделений песколовки обычно не менее двух, при этом оба являются рабочими.

При расчете горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды сначала определяют площадь живого сечения одного отделения по формуле:

$$W = \frac{q}{(V \cdot n)}, \quad (1)$$

где q - максимальный расход сточных вод, м³/с;

V - средняя скорость движения воды, м/с;

n - количество отделений песколовки, шт.

Длина песколовки определяется по формуле:

$$L = k_0 \frac{h_1}{U_0} \cdot V, \quad (2)$$

где h_1 - глубина проточной части песколовки;

U_0 - гидравлическая крупность песка расчетного диаметра (см. табл.1), мм/с;

k_0 - коэффициент, учитывающий влияние турбулентности на работу песколовки (см. табл.1).

При иных параметрах значения коэффициент k_0 можно вычислить по формуле:

$$k_0 = \frac{h_1}{\sqrt{U_0^2 - \omega^2}}, \quad (3)$$

где ω - вертикальная турбулентная составляющая, $\omega = 0,05 \cdot V$.

Практика работы очистных сооружений показывает, что при работе горизонтальных песколовок с прямолинейным движением воды следует применять скорость движения сточных вод при максимальном потоке равной 0,3 м/с, при минимальном потоке 0,15 м/с, расчетный диаметр частиц песка 0,2 – 0,3 мм. Для сохранения высоких показателей работы песколовок необходимо поддерживать постоянный расход обрабатываемой воды и скорость движения воды в песколовке. Глубина песколовок 0,25 – 1,0 м.

Таблица 1

Значения коэффициента k_0		
Диаметр частиц песка, мм	Гидравлическая крупность U_0 , мм/с	k_0
0,15	18,2	2,0
0,2	18,7	1,7
0,25	24,2	1,3

Последовательность выполнения расчетов покажем на примере.

Пример

Рассчитать размеры горизонтальной песколовки для очистки производственных стоков объемом $80000 \text{ м}^3/\text{сутки}$.

Решение

Средний расход сточных вод в $\text{м}^3/\text{с}$ рассчитаем:

$$q_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{пр.сут}}}{24 \cdot 3600} = 0,93 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Общий коэффициент неравномерности, отражающий возможные колебания среднего расхода сточных вод, $k_{\text{обн}} = 1,18$. Тогда получим:

$$q_{\text{max}} = q_{\text{ср}} \cdot k_{\text{обн}} = 1,1 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Примем песколовку с двумя отделениями. Площадь живого сечения каждого отделения определим по формуле (1):

$$W = \frac{1,1}{(0,3 \cdot 2)} = 1,67 \text{ м}^2.$$

При глубине проточной части $h_1 = 0,6 \text{ м}$ ширина отделений $B = \frac{W}{h_1} = 2,73 \text{ м}$.

Ближайший стандартный размер ширины отделения $B = 3 \text{ м}$. При этом наполнение в песколовке при максимальном расходе:

$$h_0 = \frac{W}{B} = 0,56 \text{ м}.$$

При расчетном диаметре частиц песка $d = 0,20 \text{ мм}$, $U_0 = 18,7 \text{ мм/с}$ и $k_0 = 1,7$ (см. табл.1). Длина песколовки по формуле (2):

$$L = 1,7 \frac{0,56}{0,187} \cdot 0,3 = 15,3 \text{ м}.$$

Таким образом, выбираем двухсекционную песколовку длиной $15,3 \text{ м}$ и шириной каждого отделения 3 м .

З а д а н и е:

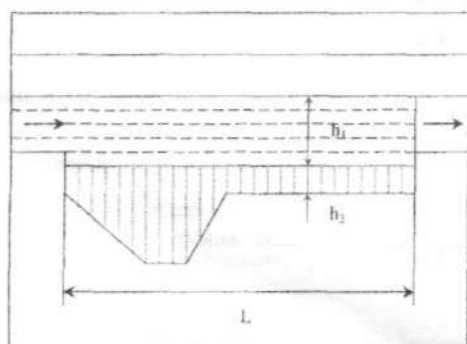
Рассчитать размеры горизонтальной песколовки.

Исходные данные для расчетов песколовки:

- средний расход сточных вод $\text{м}^3/\text{сутки}$ $Q_{\text{ср}} = 40000 + 5000K$, где K - порядковый номер студента в группе;
- общий коэффициент неравномерности $k_{\text{обн}} = 1,18$;
- количество отделений песколовки $n = 2$;
- глубина проточной части песколовки $h_1 = 0,5 + 0,01K$;

— диаметр частиц песка $d = 0,2$ мм.

По результатам работы сделать вывод о выбранных параметрах песколовки и условиях ее работы.



а)

б)

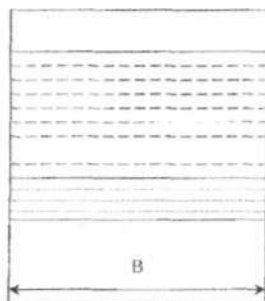


Рис. 1 Схема горизонтальной песколовки

а) – продольный разрез; б) – поперечный разрез.

РАЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОЦИКЛОНА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы – выработка навыков по расчету и выбору технологического оборудования для механической очистки промышленных сточных вод от нерастворенных минеральных загрязнителей.

Общие сведения.

Гидроциклоны применяют для механической очистки сточных вод. По конструкции гидроциклоны могут быть открытые (безнапорные) и напорные.

Открытый гидроциклон, применяемый в качестве песколовки, работает при больших гидравлических нагрузках и задерживает минеральные загрязнения с гидравлической крупностью 20 мм/с и более.

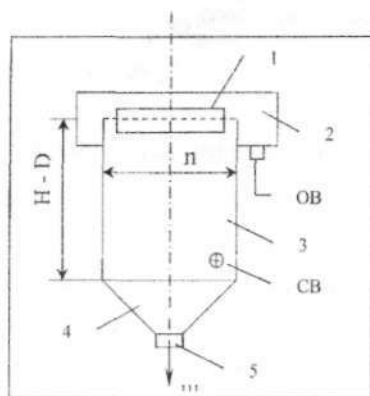


Рис.1

Циклон (рис. 1) состоит из цилиндрической части 3,верху которой находится периферийный водослив 2 с полуогруженным кольцом 1 и конической части 4 с разгрузочной насадкой 5. Сточная вода СВ вводится в гидроциклон через входной патрубкок. Выделившийся шлам III разгружается через насадку 5. Осветленная вода ОВ, благодаря полуогруженному кольцу 1, установленному перед водосливом 2, обеспечивает задержание и затем удаление из воды легких всплывающих веществ.

Основной характеристикой для расчета открытых гидроциклонов является величина удельной гидравлической нагрузки q . Расчет гидроциклона рекомендуется производить по эмпирической формуле:

$$q = 4.32 \cdot U_0, \quad (1)$$

где q - удельная гидравлическая нагрузка, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

U_0 - гидравлическая крупность задерживаемых частиц, $\text{мм}/\text{с}$.

Затем рассчитывается площадь зеркала воды в гидроциклоне:

$$F = \frac{Q}{q}, \quad (2)$$

где Q - расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Диаметр гидроциклона определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot N}}, \quad (3)$$

где N - число рабочих гидроциклонов.

Геометрические соотношения размеров открытого гидроциклона следующие:

Цилиндрическая часть:

- диаметр D , мм - 2000 - 10000;
- высота H , мм - D .

Коническая часть:

- диаметр выпускного при одном выпуске - $0.1 D$;
- при двух выпусках - $0.07 D$;
- угол $\alpha = 60^\circ$.

После назначения геометрических размеров сооружения по объему осадочной части гидроциклона, исходной концентрации взвешенных веществ, общему количеству сточных вод и требуемой степени очистки определяется максимальный промежуток времени между выгрузками осадка из гидроциклона.

Пример

Рассчитать открытый гидроциклон для очистки сточных вод. Расход сточных вод $500 \text{ м}^3/\text{ч}$; гидравлическая крупность задерживаемых взвешенных частиц U_0 мм/с; требуемая эффективность очистки 90%. Концентрация взвешенных частиц в исходной воде $1500 \text{ мг}/\text{л}$.

Решение

Удельная гидравлическая нагрузка на гидроциклон по формуле (1) и площадь зеркала воды в гидроциклоне по формуле (2) соответственно:

$$q = 4,32 \cdot 5 = 21,6, \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч});$$

$$F = \frac{500}{21,6} = 23,5, \text{ м}^2.$$

Принимаем число рабочих гидроциклонов $N = 1$. Диаметр одного аппарата по формуле (3):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 23,5}{3,14 \cdot 1}} = 5,5 \approx 6, \text{ м}.$$

Назначаем геометрические размеры гидроциклона.

При концентрации взвешенных веществ в исходной воде 1500 мг / л и эффективности 90% остаточное содержание взвешенных веществ в осветленной воде будет равно 150 мг / л. Следовательно, за 1 час работы в гидроциклоне будет задержан осадок массой

$$(1500 - 150) \cdot \frac{500}{1000} = 675 \text{ кг}.$$

Объем осадка при плотности $3,2 \text{ т} / \text{м}^3$ равен $0,675 / 3,2 = 0,21 \text{ м}^3$. Объем конической части гидроциклона диаметром 6 м – 47 м^3 . Следовательно, выгрузку осадка необходимо производить не менее, чем через 221 час.

Исходные данные для расчетов:

- гидравлическая крупность задерживаемых частиц = $3 + 0,5 \cdot k$, мм/с.
- расход сточных вод – порядковый номер студента в группе = $400 + 15 \cdot k$, м³/ч.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

Цель работы – изучить принцип работы всех элементов технологической схемы, предназначенной для очистки шахтной воды, ее достоинства и недостатки; закрепить полученные теоретические знания.

Общие сведения.

Приведенная на рис.1 технологическая схема предназначена для очистки шахтной воды с целью использования ее в производственном водоснабжении шахты и сброса в водоем. Общее содержание тонкодисперсных фракций в исходной шахтной воде не ограничивается. Содержание взвешенных веществ в воде, подаваемой на скорые фильтры, должно быть не более 30 мг / л, на скорые напорные фильтры – не более 10 мг / л. Схема может применяться в двух вариантах: с открытыми фильтрами и напорными.

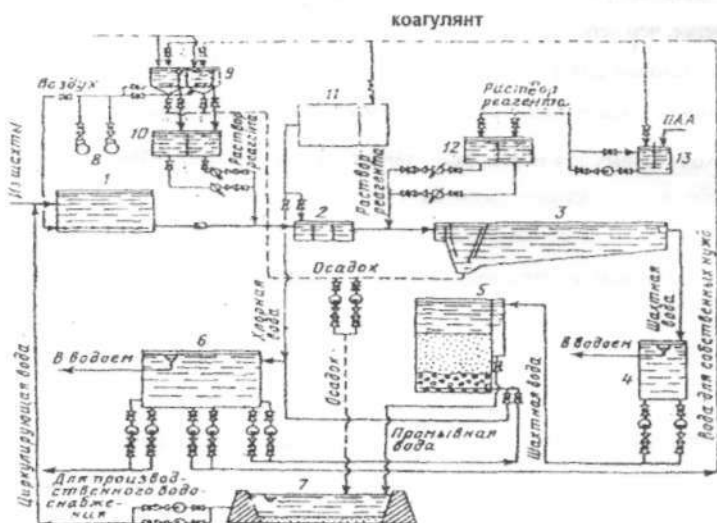


Рис.1

Шахтная вода по напорному трубопроводу поступает в усреднитель 1, а из него непрерывно и равномерно – в смеситель 2. В трубопровод шахтной воды перед смесителем вводится раствор коагулянта, а после смесителя – раствор флокулянта (ПАА). Обработанная реагентами вода направляется в горизонтальный отстойник 3 со встроенной

камерой хлопьеобразования, где происходит оседание скоагулированной взвеси, а затем – в промежуточный резервуар 4. Из промежуточного резервуара часть воды, которая не может быть использована на производственные нужды шахты, сбрасывается в водоем. Остальная часть воды подается насосами на скорые открытые фильтры 5, после которых сливается в резервуар чистой воды 6. Перед поступлением в смеситель и в резервуар чистой воды в трубопровод шахтной воды с целью обеззараживания вводится хлорная вода, поступающая из хлораторной 11. Очищенная вода используется на производственные нужды очистных сооружений. Избыток очищенной воды сбрасывается в водоем. Рекомендуемая производительность – 300 м³/ч.

Промывку фильтров производят очищенной шахтной водой с помощью насосов. Промывную воду направляют в шламонакопитель 7. Осадок из горизонтального отстойника удаляют с помощью механических или гидравлических устройств в шламонакопитель. Осветленную воду из шламонакопителя направляют в усреднитель.

Реагентное хозяйство включает растворные баки коагулянта 9 и ПАА 13, расходные баки коагулянта 10 и ПАА 12, насосы-дозаторы и воздуходувки 8 для интенсификации процесса растворения коагулянта.

Сброс шахтной воды из контактного резервуара после отстаивания в горизонтальном отстойнике и первичного хлорирования допускается в том случае, если ее качество удовлетворяет требованиям сброса в водоем. Если это условие не обеспечивается, то весь объем шахтной воды проходит полную очистку.

Достоинство схемы состоит в том, что она обеспечивает глубокую очистку шахтной воды с высоким исходным содержанием взвешенных веществ независимо от их дисперсного состава.

Недостатки схемы: потребность в свободной территории для размещения шламонакопителя, необходимость контроля за дозированием реагентов и процессом коагуляции.

Вариант схемы с открытыми фильтрами применен Сибгипрошахтом и Кузбассгипрошахтом при разработке проектов очистных сооружений для шахт Кузбасса (им. Кирова, им. Волкова, "Пионерка", "Чертинская" ПО "Кузбассуголь" и др.). Очистные сооружения на перечисленных шахтах построены и находятся в эксплуатации.

З а д а н и е:

Описать назначение каждого элемента технологической схемы.

РАСЧЕТ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРУДА С ЕСТЕСТВЕННОЙ АЭРАЦИЕЙ

Цель работы – ознакомиться с методикой расчета биологического пруда.

Общие сведения.

Биологические пруды

1.1. Биологические пруды надлежит применять для очистки и глубокой очистки городских, производственных и поверхностных сточных вод, содержащих органические вещества.

1.2. Биологические пруды допускается проектировать как с естественной, так и с искусственной аэрацией (пневматической или механической).

1.3. При очистке в биологических прудах сточные воды не должны иметь БПК_{полн} свыше 200 мг/л — для прудов с естественной аэрацией и свыше 500 мг/л — для прудов с искусственной аэрацией. При БПК_{полн} свыше 500 мг/л следует предусматривать предварительную очистку сточных вод.

1.4. Перед прудами для очистки надлежит предусматривать решетки с прозорами не более 16 мм и отстаивание сточных вод в течение не менее 30 мин. После прудов с искусственной аэрацией необходимо предусматривать отстаивание очищенной воды в течение 2—2,5 ч.

1.5. Биологические пруды следует устраивать на нефилтрующих или слабофилтрующих грунтах. При неблагоприятных в фильтрационном отношении грунтах следует осуществлять противофильтрационные мероприятия.

1.6. Биологические пруды следует располагать с подветренной по отношению к жилой застройке стороны господствующего направления ветра в теплое время года. Направление движения воды в пруде должно быть перпендикулярным этому направлению ветра.

1.7. Биологические пруды следует проектировать не менее чем из двух параллельных секций с 3—5 последовательными ступенями в каждой, с возможностью отключения любой секции пруда для чистки или профилактического ремонта без нарушения работы остальных.

1.8. Отношение длины к ширине пруда с естественной аэрацией должно быть не менее 20. При меньших отношениях надлежит предусматривать конструкции впускных и выпускных устройств, обеспечивающих движение воды по всему живому сечению пруда.

1.9. Рабочий объем пруда надлежит определять по времени пребывания в нем среднего суточного расхода сточных вод.

1.10. Время пребывания воды в пруде с естественной аэрацией t_{lag} , сут, следует определять по формуле:

$$t_{lag} = \frac{1}{K_{lag}k} \sum_{i=1}^{N-1} \lg \frac{L_{en}}{L_{ex}} + \frac{1}{K_{lag}k} \lg \frac{L_{en} - L_{fin}}{L_{ex} - L_{fin}}, \quad (1)$$

где N - число последовательных ступеней пруда;

K_{lag} - коэффициент объемного использования каждой ступени пруда;

K_{lag} - то же, последней ступени;

K_{lag} и K'_{lag} принимаются для искусственных прудов с отношением длины секций к ширине 20:1 и более — 0,8—0,9, при отношении 1:1 — 3:1 или для прудов, построенных на основе естественных местных водоемов (озер, запруд и т.п.), — 0,35, для промежуточных случаев определяются интерполяцией;

L_{en} - БПК_{полн} воды, поступающей в данную ступень пруда;

L'_{en} - то же, для последней ступени;

L_{ex} - БПК_{полн} воды, выходящей из данной ступени пруда;

L'_{ex} - то же, для последней ступени;

L_{fin} - остаточная БПК_{полн}, обусловленная внутриводоемными процессами и принимаемая летом 2—3 мг/л (для цветущих прудов — до 5 мг/л), зимой — 1—2 мг/л;

k - константа скорости потребления кислорода, сут; для производственных сточных вод устанавливается экспериментальным путем; для городских и близких к ним по составу производственных сточных вод при отсутствии экспериментальных данных k для всех промежуточных секций очистного пруда может быть принята равной 0,1 сут⁻¹, для последней ступени $k = 0,07$ сут⁻¹ (при температуре воды 20 °C).

1.11. Общую площадь зеркала воды пруда F_{lag} , м², с естественной аэрацией надлежит определять по формуле:

$$F_{lag} = \frac{Q \cdot C_a (L_{en} - L_{ex})}{K_{lag} (C_a - C_{ex}) r_a}, \quad (2)$$

где r_a — величина атмосферной аэрации при дефиците кислорода, равном единице (принимаемая 3—4 г/м³ сут);

L_{en} , L_{ex} — следует принимать по формуле (1).

1.12. Расчетную глубину пруда m , с естественной аэрацией следует определять по формуле:

$$H_{\text{рег}} = \frac{K_{\text{рег}}(C_a - C_{\text{ex}})t_{\text{aэ}}}{C_a(L_{\text{ср}} - L_{\text{св}})} \quad (3)$$

Рабочая глубина пруда не должна превышать, m : при $L_{\text{ср}}$ свыше 100 мг/л - 0,5; при $L_{\text{ср}}$ до 100 мг/л - 1; для прудов глубокой очистки с $L_{\text{ср}}$ от 20 до 40 мг/л - 2; с $L_{\text{ср}}$ до 20 мг/л - 3. При возможности замерзания пруда зимой H должна быть увеличена на 0,5 м.

Задание:

1. Определить необходимое время пребывания воды в пруде.
2. Определить общую площадь зеркала воды пруда.
3. Определить расчетную глубину пруда.
4. При БПК в сточных водах 200 мг/л предусмотреть устройство для разбавления воды до концентрации БПК= 200мг/л.
5. Предусмотреть мероприятия по предотвращению фильтрационных утечек из пруда.
6. Определить, пользуясь табл.1, массу накапливаемых растениями микроэлементов при условии, что растения занимают всю площадь последней ступени биологического пруда.
7. Вычертить схему (план) с указанием основных элементов технологической схемы биологической очистки и расположением их относительно населенного пункта.

Исходные данные:

$BPK_{\text{полн сточ вод}} = 180 + 5 \cdot N_i$ мг/л, N_i - порядковый номер студента в группе.

$Q_w = 5000 + 50 \cdot N_i$ м³/сут, Q_w - расход сточных вод.

Отношение длины пруда к его ширине 3:1. Грунты в основании пруда - фильтрующие супеси.

Господствующее направление ветров $-200^0 + 10^0 \cdot N_i$.

Состав сточных вод - близкие по составу к городским, образованные перемешиванием хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод.

C_a -растворимость кислорода воздуха в воде, 8 мг/л,

$C_{\text{ex}} = 6$ мг/л.

Таблица 1

Накопление микроэлементов водными растениями в Днепродзержинском водохранилище (кг/га водной площади)

Вид растения	Биомасса, т/га (в сыром состоянии)	Mn	Zn	Co	Cu
Рогоз узколистный	71,9	13,66	0,60	0,01	0,36
Тростник обыкновенный	71,5	15,6	0,50	0,0042	0,35
Камыш озерный	80,5	14,5	0,39	0,004	0,31
Рдест гребенчатый	24	2,5	0,21	0,01	0,03
Рдест блестящий	23,6	4,25	0,40	0,024	0,087

**ПРОГНОЗ СТЕПЕНИ ВЫБРОСООПАСНОСТИ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ
УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННЫМ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ
УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ В
ШАХТАХ**

Цель работы - ознакомиться с методами прогноза степени выбросоопасности и расчета параметров управления напряженным и газодинамическим состоянием угольных пластов для предотвращения явлений внезапных выбросов угля и газа в шахтах.

Общие сведения.

Безопасная и высокоэффективная работа угольных шахт в значительной мере зависит от точности прогнозов выбросоопасности угольных пластов. Внезапные выбросы происходят при ведении работ в забоях горных выработок и представляют собой быстропротекающее разрушение призабойной части газоносного угольного или породного массива под воздействием горного давления и давления газа, сопровождающееся отбросом или смещением угля (породы) и повышенным газовыделением в горную выработку.

В России за последние годы (1985-1998) в горных выработках только шахт Кузбасса зарегистрировано 26 внезапных выбросов угля и газа и их общее число в этом угольном бассейне достигло 190. Некоторые явления сопровождались катастрофическими последствиями и высоким травматизмом.

Практика ведения горных работ показала, что внезапные выбросы на каждом месторождении появляются зонально и на различной глубине от поверхности. При этом площадь выбросоопасных зон в Кузбассе не превышает 10-20% площади выбросоопасных шахтопластов на современных глубинах разработки, а минимальная глубина появления первых выбросов в зависимости от горно-геологических условий (газоносности, горного давления, физико-механических свойств) изменяется от 150 до 710 м. Выбросоопасность угольных пластов также сильно зависит от технологии ведения горных работ и скорости продвижения горных выработок.

Прогноз опасности шахты по газодинамическим явлениям и выбор эффективных способов их предотвращения за счет управления напряженным и газодинамическим состоянием горного массива осуществляется на стадиях проектировании, подготовки и разработки месторождения.

Прогноз выбросоопасности и расчет параметров управления напряженным и газодинамическим состоянием угольных пластов для предотвращения внезапных выбросов будут выполняться на основе применения современного метода прогноза по геознергии массива, разработанного Институтом горного дела им. А.А.Скочинского и Восточным научно-исследовательским институтом по безопасности работ в горной промышленности.

1. Определение потенциальной выбросоопасности участков угольных пластов.

Определение потенциальной выбросоопасности участков угольных пластов на различных глубинах залегания выполняется на основе оценки их геознергии по фактору газа и горного давления. Потенциальная (природная) выбросоопасность пласта определяется суммой энергии горного давления W_u и энергии газа W_g , заключенного в пласте и способного к быстрому газовыделению.

Критерий определения природной выбросоопасности угольных пластов имеет вид:

$$B_n = (W_g + 0,33W_p) - 0,18, \quad (1)$$

где: W_g - эффективная энергия газа, запасенная в угольном пласте, МДж/м³;

W_p - энергия упругого восстановления угольного пласта, МДж/м³.

При значении показателя $B_n < 0$ - угольный пласт является не опасным по внезапным выбросам угля и газа, при $B_n \geq 0$ - выбросоопасным.

Для определения геомеханической энергии (W_u, W_p) и природной выбросоопасности угольных пластов используются следующие исходные геолого-физические данные: газоносность угольного пласта X , м³/т; кавернометрия в месте пересечения пласта скважиной $d_{max}, d_{min}, d_{ср.}$, мм; глубина пластопересечения H , м; температура пласта t С; характеристики технического анализа угля: выход летучих V^{def} , зольность угля A и влажность W , %. Все перечисленные геолого-физические данные являются стандартными и имеются на всех разведанных участках шахтных полей.

Используя комплекс вышеперечисленных данных, определяют эффективную энергию газа W_g , энергию горного давления (упругого восстановления угольного пласта) W_p и потенциальную природную выбросоопасность пласта B_n .

Строят карты зональности выбросоопасности угольного пласта по площади шахтного поля и графики изменения выбросоопасности по глубине залегания пласта с использованием фактических данных, полученных в местах пересечений пласта разведочными скважинами (пример на рис. 1).

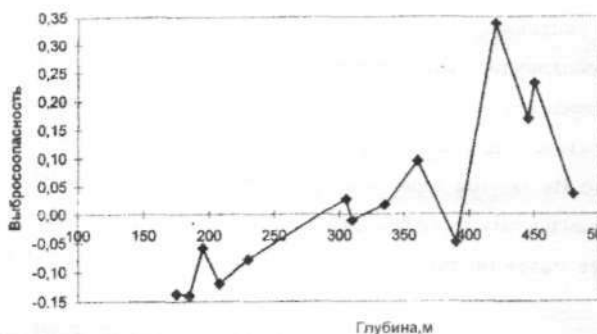


Рис.1. Изменение потенциальной выбросоопасности с глубиной. Шахта Аларда, пласт 3.

Энергия горного давления (упругого восстановления пласта) определяется по формуле:

$$W_p = \frac{(\sigma_{cp})^2}{2E}, \quad (2)$$

где σ_{cp} - среднее напряжение, МПа, принимаемое равным давлению налегающей толщи пород γH (γ - объемный вес пород, Н/м^3 , (в расчетах принимается $\gamma = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3$); H - глубина от поверхности, м);

E - модуль упругости угля, МПа (определяется по данным кавернометрии).

Энергия, заключенного в угольном пласте газа, определяется как максимальная работа, которую он может совершить при расширении свободного и десорбирующегося газа:

$$W_g = \Delta h \cdot X \cdot b_{30} \cdot d \cdot \eta, \quad (3)$$

где Δh - удельная максимальная работа, которую может совершить 1 кг газа при расширении в соответствующих термодинамических условиях (определяется по данным газоносности, температуры пласта и технического анализа угля), Дж/кг;

X - газоносность пласта, $\text{м}^3/\text{кг}$;

$d \cdot \eta$ - соответственно плотности угля и метана в газовой фазе, кг/м^3 (в расчетах принимается $\eta = 0,717 \text{ кг/м}^3$; $d = 1,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$);

b_{30} - часть газа, которая может выделиться из угля, разрушенного до $r = 0,75$ см (r - приведенный радиус частиц угля в начальной стадии выброса по экспериментальным данным) за среднее время протекания выброса 30 с.

Для Кузбасса получена эмпирическая зависимость, позволяющая производить расчет энергии газа W_g экспресс - методом по формуле:

$$W_2 = (9,3 \cdot X - 0,01) \cdot X \cdot b_{30} \cdot d. \quad (4)$$

2. Определение выбросоопасности забоев горных выработок с учетом технологии ведения горных работ.

Выбросоопасность очистных и подготовительных забоев горных выработок определяется потенциальной (природной) выбросоопасностью разрабатываемого пласта $B_n = f(W_1, W_2)$ и такими технологическими показателями, как глубина выемки или сменное подвигание забоя l_0 и величина зоны разгрузки и дегазации в призабойной части пласта l_k . Вводимый безразмерный технологический параметр l_0/l_k характеризует устойчивость краевой части пласта в самый выбросоопасный момент времени - момент подвигания забоя.

Определение фактической выбросоопасности забоев горных выработок с учетом параметров технологии выемки угольного пласта производится по критерию:

$$B_n = (W_1 + 0,33W_2) \cdot \frac{l_0}{l_k} - 0,18, \quad (5)$$

где: l_0 - сменная скорость подвигания забоя (м/смену) или глубина заходки (м);

l_k - величина зоны разгрузки и дегазации в призабойной части пласта (м).

При значении показателя $B < 0$ забой горной выработки не опасен, при $B \geq 0$ забой выбросоопасен.

При определении фактической выбросоопасности забоев горных выработок с учетом параметров технологии выемки (подвигания забоя) по критерию (5) геознергия пласта (W_1, W_2) определяется по фактическим данным пластопересечений, как и в п.1, а показатель технологии выемки (подвигания) l_0/l_k назначается и варьируется в соответствии с горно-геологическими и горно-техническими условиями разработки. Пример графика изменения выбросоопасности по глубине залегания пласта с учетом параметров технологии выемки (подвигания), показан на рис. 2.

Полученные оценки выбросоопасности забоев B по критерию (5) могут уточняться и корректироваться в процессе ведения горных работ, для этого используются данные текущего контроля выбросоопасности.

3. Прогнозная оценка параметров управления состоянием массива для предотвращения внезапных выбросов.

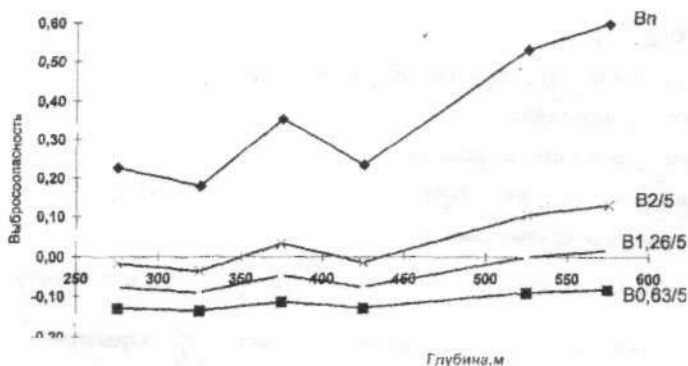


Рис. 2 Зависимость выбросоопасности от глубины разработки и скорости подвигания (данные усреднены в интервалах по 50м). Шахта Чертинская, пласт 4.

Критерий оценки выбросоопасности B используется для выбора не опасных в данных горно-геологических условиях скоростей подвигания подготовительных забоев, параметров технологии выемки угольных пластов (допустимая сменная скорость подвигания очистного забоя, оптимальная длина лавы) и параметров управления состоянием массива для предотвращения внезапных выбросов (необходимая дегазация пласта, необходимая величина зоны разгрузки в призабойной части пласта, обеспечивающие безопасность выемки). Пример показан на рис. 3.

Размеры зоны разгрузки краевой части пласта l_k впереди движущегося забоя, необходимой для обеспечения предотвращения внезапных выбросов, используя критерий (5), определяют по формуле:

$$l_k \geq \frac{(W_s + 0,33 \cdot W_r) \cdot l_0}{0,18} \quad (6)$$

Необходимая дегазация угольного пласта определяется как:

$$\Delta X = X_1 - X_0 \text{ или в \%} \quad \Delta X = \frac{X_1 - X_0}{X_1} \quad (7)$$

где ΔX - необходимая дегазация угольного пласта, м³/т или в %;

X_1 - газоносность пласта на рассматриваемом участке, м³/т;

X_0 - допустимая газоносность пласта, при которой внезапные выбросы происходить не будут, м³/т;

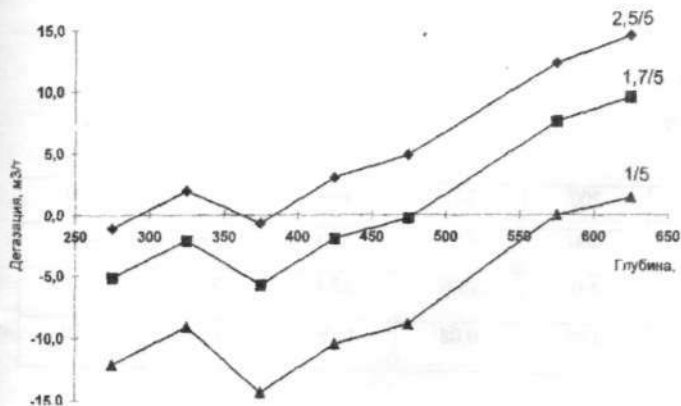


Рис. 3. Необходимая дегазация пласта в зависимости от глубины разработки и скорости подвигания подготовительного забоя при величине зоны разгрузки 5 м. Шахта Чертинская, пласт 5

Допустимая (безопасная) газоносность пласта при использовании формул (1) и (4) определяется по следующей формуле:

$$X_0 = 0,54 + \sqrt{0,29 - \frac{1}{b_{30}} \left(22 \cdot W_y - 12 \cdot \frac{l_k}{l_0} \right)}, \text{ м}^3/\text{т}. \quad (8)$$

З а д а н и е 1.

Рассчитать энергию горного давления W_y , энергию газа W_g и потенциальную выбросоопасность пласта Bn по исходным данным табл.1, по результатам расчетов составить таблицу значений W_y , W_g и Bn для этих глубин. Построить график изменения потенциальной выбросоопасности пласта Bn с глубиной залегания и определить критическую глубину появления первых выбросов.

Вариант 1. (№ 1-4)

Исходные данные.

Таблица 1

$H, \text{ м}$	200	300	400	500	600
$E, \text{ МПа}$	800	450	750	850	700
$X \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{кг}$	5,0	18,2	24,0	27,2	31,0
b_{30}	0,06	0,10	0,06	0,05	0,07

Вариант 2. (№ 5-8)

Исходные данные.

$H, м$	200	300	400	500	600
$E, МПа$	900	600	800	700	400
$X \cdot 10^3, м^3 / кг$	4,0	15,8	22,1	26,5	30,0
b_{30}	0,05	0,08	0,06	0,07	0,10

Вариант 3. (№ 9-12)

Исходные данные.

$H, м$	200	300	400	500	600
$E, МПа$	680	600	950	850	700
$X \cdot 10^3, м^3 / кг$	5,6	12,0	16,3	17,9	19,7
b_{30}	0,07	0,08	0,04	0,05	0,07

Вариант 4. (№ 13-16)

Исходные данные.

$H, м$	200	300	400	500	600
$E, МПа$	650	810	725	930	700
$X \cdot 10^3, м^3 / кг$	5,9	9,4	13,5	16,0	19,0
b_{30}	0,08	0,06	0,07	0,04	0,07

Вариант 5. (№ 17-20)

Исходные данные.

$H, м$	200	300	400	500	600
$E, МПа$	600	850	730	700	900
$X \cdot 10^3, м^3 / кг$	6,0	13,5	19,0	21,5	33,5
b_{30}	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05

Вариант 6. (№ 21-24)

Исходные данные.

$H, м$	200	300	400	500	600
$E, МПа$	700	1000	730	800	330
$X \cdot 10^3, м^3 / кг$	5,8	14,4	18,0	23,4	24,5
b_{30}	0,07	0,04	0,07	0,05	0,11

Вариант 7. (№ 25-28)

Исходные данные.

$H, м$	200	300	400	500	600
$E, МПа$	800	870	440	950	600
$X \cdot 10^3, м^3 / кг$	7,0	13,1	16,5	23,0	25,0
b_{30}	0,06	0,05	0,10	0,04	0,08

Результаты расчетов заносятся в таблицу:

Результаты расчета.

$H, м$	200	300	400	500	600
$\sigma_{ср} = \gamma H, МПа$					
$W_{с}, МДж/м^3$					
$W_{y}, МДж/м^3$					
B_n					

З а д а н и е 2.

Определить фактическую выбросоопасность забоев горных выработок при различной скорости их подвигания на различных глубинах разработки. Расчеты выполняются для скоростей подвигания $l_0=1; 1,7$ и $2,5$ м/смену по критерию (5) с использованием результатов расчетов W_y , W_z и B_n в задании № 1. Зона разгрузки впереди

забоя во всех случаях принимается равной $l_4 = 5,0$ м. Строится график, аналогичный показанному на рис. 2.

З а д а н и е 3.

Определить размеры необходимой зоны разгрузки пласта l_4 впереди забоя, которая обеспечит предотвращение внезапных выбросов. Расчеты производить для глубин 300 и 500 м и сменной скорости подвигания забоя $l_0 = 1,0$ и 2,5 м, используя формулу (5) и соответствующие рассчитанные значения геозергии массива W_1 и W_2 .

З а д а н и е 4.

Определить необходимую дегазацию пласта для предотвращения внезапных выбросов ($B = 0$) на глубинах 300 и 500 м, используя формулы (7), (8) и соответствующие значения газоносности X , коэффициент газоотдачи b_{30} и энергию деформации упругого восстановления пласта $W_у$. Расчет ведется для трех сменных скоростей подвигания забоя $l_0 = 1,0$ м; 1,7 м и 2,5 м, при этом зона разгрузки впереди пласта принимается равной $l_4 = 5$ м.

Содержание отчета

1. Название работы, исполнитель.
2. Формулировка задания и исходные данные.
3. Расчеты, таблицы, графики.

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ КОТЕЛЬНЫХ
ЧАСТЬ I. Сжигание твердого топлива.

Цель работы – приобретение практических навыков расчета величины выбросов загрязняющих веществ котельных.

Общие сведения.

При сжигании топлива атмосфера загрязняется продуктами сгорания, недогоревшим топливом и летучей золой.

Величина выбросов определяется производительностью котла, видом и качеством топлива, наличием и эффективностью очистных установок.

Методика расчета.

1. Годовой расчет твердого топлива составляет

$$B_m = \frac{D \cdot 24 \cdot n}{Q'_i \cdot \eta_k}, \text{ т/год,}$$

где D – теплопроизводительность котла (6,2 Гкал);

n – годовая продолжительность работы котла (300 суток);

Q'_i – низшая удельная теплота сгорания рабочего топлива (угля) – 5030 ккал/кг;

η_k – коэффициент полезного действия котлоагрегата при сжигании угля (по экспериментам $\eta_k=70\%$);

2. Расчет выбросов твердых частиц летучей золы и недогоревшего твердого топлива (т/год)

$$M_{m.ч.} = B_m \cdot A \cdot f \cdot (1 - \eta_z),$$

где B_m – расход твердого топлива в год, т/год;

A – зольность топлива на рабочую массу – 30%;

η_z – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях, – 0,85;

f – коэффициент, равный 0,0035.

Доля золы составляет 20%, а ее количество

$$M_z = M_{mz} \cdot 0,2, \text{ т/год.}$$

Количество выбросов недогоревшего угля составляет

$$M_n = M_{mz} - M_z, \text{ т/год.}$$

3. Расчет выбросов серы в пересчете на SO_2 (т/год).

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 \cdot B_m \cdot S^c \cdot (1 - \eta'_{\text{SO}_2}) \cdot (1 - \eta^*_{\text{SO}_2}),$$

где B_m – расход твердого топлива, т/год;

S^c – содержание серы в топливе на рабочую массу (0,9%);

η'_{SO_2} – доля окислов серы, связываемых летучей золой топлива, (0,1);

$\eta^*_{\text{SO}_2}$ – доля окислов серы, улавливаемых в золоуловителе (0);

4. Расчет выбросов окиси углерода (т/год)

$$M_{\text{CO}} = 0,001 \cdot C_{\text{CO}} \cdot B_m \cdot \left(1 - \frac{q_n}{100}\right),$$

где B_m – расход твердого топлива, т/год;

C_{CO} – выход окиси углерода в кг на т твердого топлива.

$$C_{\text{CO}} = q_2 \cdot R \cdot Q'_t,$$

q_2 – химическая неполнота сгорания топлива (1%);

R – коэффициент, учитывающий потерю тепла вследствие химической неполноты сгорания (1%);

Q'_t – низшая теплота сгорания топлива, (МДж), 1 кал=4,187 Дж;

q_n – механическая неполнота сгорания топлива (11%)

5. Расчет выбросов окислов азота (в перерасчете на NO_2)

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot B_m \cdot Q'_t \cdot K_{\text{NO}_2} \cdot (1 - \beta),$$

где K_{NO_2} - параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на 1 ГДж тепла (0,22 кг/ГДж);

β - коэффициент, учитывающий степень снижения выбросов окислов азота в результате технических решений (0).

З а д а н и е:

Определить величину выбросов твердых частиц, серы, окиси углерода и окислов азота.

Исходные данные приведены в таблице.

Параметры	№ варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность котла, Гкал	6,2	8,4	12,4	6,2	12,4	16	20	16	6,2	12,4
Низшая теплота сгорания ккал/кг	5030	5200	5030	5250	5300	5050	5100	5200	5150	5050
Зольность топлива, %	30	30	20	20	18	26	24	24	30	28
Содержание серы, %	0,9	0,8	0,7	1,0	0,7	0,8	0,9	0,7	1,0	0,8

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ КОТЕЛЬНЫХ

ЧАСТЬ II. Совместное сжигание угля и шахтного метана.

Цель работы – приобретение практических навыков расчета величины выбросов загрязняющих веществ и сравнение величины выбросов при различных видах топлива, оценка возможности перевода котельной на совместное сжигание.

Общие сведения.

Расчет производится для схемы, обеспечивающей экономию 40% угля. Шахтный метан отличается от других газов отсутствием серы и ее соединений, а также твердых частиц в продуктах сгорания и практически полным сгоранием.

Данная часть выполняется после проведения расчетов по первой части по такому же варианту.

Методика расчета.

1. Расход угля определяем по формуле (1) ч. I с учетом величины экономии; $B_m^c = 0,6 B_m$
2. Расчет выбросов твердых частиц летучей золы и недогоревшего твердого топлива при совместном сжигании

$$M_{ms}^c = 0,6 \cdot M_{ms}$$

Аналогично используя данные ч. I определяется количество золы и количество недогоревшего угля, а также выбросы серы в перерасчете на SO_2

3. Расчет выбросов окиси углерода:

а) при сжигании угля

$$M'_{co,y} = 0,6 \cdot M_{co}$$

б) при сжигании шахтного метана

$$M'_{co,y} = 0,001 \cdot C_{co} \cdot B_m \cdot \left(1 - \frac{q_v}{100}\right), \text{ т/год,}$$

где C_{co} – выход окиси углерода в кг при сжигании 1 тыс. м³ шахтного метана

$$C_{CO} = q_1 \cdot R \cdot Q'_1,$$

где q_1 – химическая неполнота сгорания (0,5%);

R – коэффициент, учитывающий потерю тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива (0,5);

Q'_1 – низшая теплота сгорания метана;

V_m – расход метана, м³/год

$$V_m = \frac{0,4 \cdot D \cdot 24 \cdot n}{Q'_1 \cdot \eta_k}, \text{ м}^3/\text{год},$$

где D – теплопроизводительность котла (Гкал/год);

n – годовая производительность работы кола (300 суток);

η_k – коэффициент полезного действия котлоагрегата при сжигании шахтного метана (0,9);

q_m – механическая неполнота сгорания шахтного метана (0);

в) при сжигании угля и шахтного метана:

$$M'_{CO} = M'_{CO,Y} + M'_{CO,m}, \text{ т/год.}$$

4. Расчет выбросов окислов азота (в перерасчете на NO₂):

а) при сжигании угля

$$M_{NO_2,Y} = 0,6 \cdot M_{NO_2};$$

б) при сжигании шахтного метана

$$M_{NO_2,m} = 0,001 \cdot V_m \cdot Q'_1 \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta),$$

где V_m – расход шахтного метана, тыс. м³/год;

Q'_1 – низшая теплота сгорания метана;

K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на 1 ГДж тепла;

β – коэффициент, учитывающий степень снижения выбросов окислов азота в результате применения технических решений (0);

в) при сжигании угля и шахтного метана:

$$M'_{NO_2} = M'_{NO_2, \text{ж}} + M'_{NO_2, \text{м}} \text{ т/год.}$$

Полученные данные по выбросам загрязняющих веществ сводят в табл. 1.

Таблица 1

Количество выбросов загрязняющих веществ при работе котлоагрегата

Характеристика выбросов	Количество выбросов, т/год		
	При сжигании угля	При сжигании угля и метана	Разность
Частицы летучей золы			
Частицы угольной пыли (недожог)			
Окиси серы в пересчете на SO ₂			
Окись углерода			
Окислы азота			

Укрупненная оценка возможности перевода котельной на совместное сжигание угля и шахтного метана осуществляется по потенциальному объему метана, извлекаемому средствами дегазации, т.е. при $B_0 > B_v$.

Возможности перевода котлов на совместное сжигание

$$B_0 = K_0 \cdot K_v \cdot A \cdot q.$$

где K_0 – коэффициент дегазации;

K_v – коэффициент, определяющий долю используемого метана;

Q – газообильность шахты;

A – мощность шахты.

Исходные данные приведены в табл.2.

Таблица 2

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A , тыс.т	1200	1800	1200							
Q , м ³ /т	15	20	25							
K_n , доли	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8
K_o , доли	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,2	0,3

По результатам сопоставления B_o и B_n сделать вывод о возможности перевода котельной на совместное сжигание топлива.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ ИСТОЧНИКА ВЫБРОСА

Цель работы – освоение методики расчета минимальной высоты источника выброса.

Общие сведения.

Увеличение высоты трубы для обеспечения рассеивания с целью соблюдения ПДК в приземном слое атмосферы допускается только после полного использования всех доступных на современном уровне технических средств по сокращению выбросов (в том числе неорганизованных выбросов). При этом использование на энергетических объектах труб высотой более 250 м, а на других производствах - более 200м допускается только по согласованию с органами Госкомгидромета и Минздрава РФ при наличии технико-экономического обоснования необходимости их сооружения и расчетов загрязнения воздуха в зонах влияния сооружаемых объектов.

При определении минимальной высоты источников выброса и установлении предельно допустимых выбросов концентрация каждого вредного вещества в приземном слое атмосферы c не должна превышать максимальной разовой предельно допустимой концентрации данного вещества в атмосферном воздухе (ПДК), утвержденной Минздравом РФ:

$$c \leq \text{ПДК}, \quad (1)$$

При наличии фоновой загрязненности атмосферы в соотношении (1) вместо c следует принимать

$$c + c_{\phi}, \quad (2)$$

где c_{ϕ} - фоновая концентрация вредного вещества.

Для зон санитарной охраны курортов, мест размещения крупных санаториев и домов отдыха, зон отдыха городов, а также для других территорий с повышенными требованиями к охране атмосферного воздуха в формуле (1) следует ПДК заменить на $0,8\text{ПДК}$.

Минимальная высота одиночного источника выброса (трубы) H (м), если установлены значения M (г/с), ω_0 (м/с), V (м³/с), D (м), в случае $\Delta T \approx 0$ определяется по формуле:

$$H = \left[\frac{AMFD\eta}{8V_1(\Pi ДК - c_\phi)} \right]^{3/4}, \quad (3)$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

M (г/с) - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

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

ΔT (°C) - разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_1 и температурой окружающего атмосферного воздуха T_0 ;

V_1 (м³/с) - расход газовой смеси, определяемый по формуле:

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

где D (м) - диаметр устья источника выброса;

ω_0 (м/с) - средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса.

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

- а) 250 - для районов Средней Азии южнее 40° с.ш., Бурятия и Читинской области;
- б) 200 - для европейской территории СНГ: для районов РФ южнее 50° с.ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Молдавии; для Казахстана, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;
- в) 180 - для европейской территории СНГ и Урала от 50 до 52° с.ш., за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов и Украины;

г) 160 - для европейской территории СНГ и Урала севернее 52° с.ш. (за исключением пентра ЕТС), а также для Украины (для расположенных на Украине источников высотой менее 200м в зоне от 50 до 52° с.ш. - 180, а южнее - 50° с.ш. - 200);

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

Значение безразмерного коэффициента F принимается:

а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) - 1;

б) для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных в п.а) при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90% - 2; от 75 до 90% - 2,5; менее 75% и при отсутствии очистки - 3.

Если вычисленному по формуле (3) значению H соответствует значение $v'_m \geq 2$, рассчитанное по формуле (5), то указанное значение H является окончательным.

$$v'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H} \quad (5)$$

Если $v'_m < 2$, то необходимо при найденном значении $H=H_1$ определить величину $n=n_1$ по формулам (7) и последовательными приближениями найти $H=H_2$ по H_1 и n_1 , ..., $H=H_{i-1}$ по H_i и n_i с помощью формулы

$$H_{i+1} = H_i \left(\frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{1/4} \quad (6)$$

где n_i и n_{i-1} - значения безразмерного коэффициента n , определенного соответственно по значениям H_i и H_{i-1} .

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от v_m по формулам:

$$\begin{aligned} n &= 1 \text{ при } v_m \geq 2; \\ n &= 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2; \\ n &= 4,4 v_m \text{ при } v_m < 0,5. \end{aligned} \quad (7)$$

Уточнение значения H необходимо производить до тех пор, пока два последовательно найденных значения H_i и H_{i+1} практически не будут отличаться друг от друга (с точностью до 1 м).

При $\Delta T > 0$ значение H сначала рассчитывается также согласно (3). Если при этом найденное значение

$$H \leq \omega_0 \sqrt{\frac{10D}{\Delta T}},$$

то оно является окончательным.

Если найденное значение $H) \omega_0 \sqrt{\frac{10D}{\Delta T}}$, то предварительное значение минимальной высоты выбросов (трубы) определяется по формуле

$$H = \sqrt{\frac{AMF\eta}{(\text{ПДК} - c_{\phi}) \sqrt{V_1 \Delta T}}} \quad (8)$$

По найденному таким образом значению $H=H_1$ определяются

$$f = 100 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T},$$

$$v_m = 0,653 \sqrt{\frac{V_1 \Delta T}{H}},$$

$$f_c = 800(v'_m)^3 \text{ и формулы (5)}$$

и устанавливаются в первом приближении коэффициенты $m=m_1$ и $n=n_1$.

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100.$$

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

Если $m_1 \cdot n_1 \neq 1$, то по m_1 и n_1 определяется второе приближение $H=H_2$ по формуле

$$H_2 = H_1 \sqrt{m_1 n_1}.$$

В общем случае $(i+1)$ -е приближение H_{i+1} определяется по формуле

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

где m_i, n_i соответствуют H_i , а m_{i-1}, n_{i-1} - H_{i-1} . Если из источника выбрасывается несколько различных вредных веществ, то за высоту выброса должно приниматься наибольшее из значений H , которые определены для каждого вещества в отдельности и для групп веществ с суммирующимся вредным действием. В частности, если при отсутствии фона из трубы выбрасывается два вредных вещества, для первого из которых значения M и F соответственно равны M_1 и F_1 , а для второго M_2 и F_2 , то значение H при $M_1 F_1 > M_2 F_2$ определяется по выбросу первого вредного вещества, а при $M_1 F_1 < M_2 F_2$ - по выбросу второго вредного вещества.

Исходные данные для расчетов приведены в табл.1.

Таблица 1

№ вари- анта	Показатели							Примечания
	T_T , °C	T_a , °C	D , м	ω_0 , м/с	M , г/с	C_{ϕ} , мг/м ³	ПДК, мг/м ³	
1	125	25	1,2	7	12	0,1	0,5	Моск. обл., газ
2	25	25	1,2	9	14	-	0,5	Ниж. Поволжье, газообразные вр. в-ва
3	150	25	1,0	6	10	0,1	0,5	Пермь, аэрозоль, ст. очистки 92%
4	125	25	1,0	6	2,8	-	0,5	Тула
5	25	25	1,0	7	0,4	0,02	0,085	Дальний Восток
6	125	15	1,2	8	0,6	-	0,085	Чита

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШУМОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Цель работы – освоение методики оценки шумовой характеристики транспортного потока.

Общие сведения.

В качестве шумовой характеристики транспортного потока в нем принимается эквивалентный уровень звука $L_{A, экв}$ на расстоянии 25 м от протяженного прямолинейного и горизонтального участка дороги при условии отсутствия препятствий на пути распространения шума. Необходимыми исходными данными для определения эквивалентного уровня звука являются интенсивность движения в обоих направлениях легковых и грузовых автомобилей, соответственно Q_1 и Q_2 , авт/ч, а также средние скорости их движения, соответственно V_1 и V_2 , км/ч.

Процедура определения эквивалентного уровня звука транспортного потока состоит из следующих этапов.

В зависимости от интенсивности и скорости движения потока легковых автомобилей определяется его эквивалентный уровень звука $L_{A, экв л}$ по формуле:

$$L_{A, экв л} = 30 \lg V_1 + 10 \lg Q_1 - 20, \quad (1)$$

где V_1 - средняя скорость движения потока легковых автомобилей, км/ч;

Q_1 - интенсивность движения потока легковых автомобилей, авт/ч.

При этом при средних скоростях движения менее 60 км/ч принимается $V_1=55$ км/ч. Определенный таким образом эквивалентный уровень звука соответствует условиям движения по дороге с бетонным покрытием проезжей части. При брусчатом покрытии уровень звука должен быть увеличен на 5 дБА, при асфальтовом и асфальтобетонном - уменьшен на 2-3 дБА.

В зависимости от интенсивности и скорости движения потока грузовых автомобилей определяется его эквивалентный уровень звука $L_{A, экв г}$ по формуле:

$$L_{A, экв г} = 20 \lg V_2 + 10 \lg Q_2 + 11,5, \quad (2)$$

где V_2 - средняя скорость движения потока грузовых автомобилей, км/ч;

Q_2 - интенсивность движения потока грузовых автомобилей, авт/ч.

При этом при средних скоростях движения менее 60 км/ч принимается $V_2=50$ км/ч. Поправка на вид покрытия проезжей части не учитывается.

Шумовая характеристика транспортного потока определяется как суммарный эквивалентный уровень звука от движения потоков легковых и грузовых автомобилей и рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left[10^{0,1L_{\text{лег}}} + 10^{0,1L_{\text{груз}}} \right] \quad (3)$$

Если продольный уклон проезжей части транспортной магистрали равен или превышает 40 %, в полученную шумовую характеристику следует ввести поправку в соответствии с табл.1

Таблица 1

Продольный уклон, %	40	60	80	100
Поправка, дБА	+1	+2	+3	+4

Исходные данные для расчетов приведены в табл.2.

Таблица 2

№ варианта	Показатели				
	$Q_{\text{л}}$, авт/ч	$V_{\text{л}}$, км/ч	$Q_{\text{г}}$, авт/ч	$V_{\text{г}}$, км/ч	i , ‰
1	240	60	160	40	80
2	120	60	80	50	30
3	180	60	120	50	60
4	240	60	180	50	40
5	600	80	240	60	20
6	900	90	480	70	10