

Министерство общего и профессионального образования Свердловской области

государственное автономное образовательное учреждение
среднего профессионального образования Свердловской области
«Ирбитский мотоциклетный техникум» (ГАОУ СПО СО «ИМТ»)

**ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДНЕГО ЗВЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
15.02.08 ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ
(базовая подготовка)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОП.22 ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ**

2014

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОП.22 ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

для специальности среднего профессионального образования
15.02.08 Технология машиностроения

Разработчик: Н.В. Сидорова

Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине ОП.22 Основы промышленной экологии разработаны на основе рабочей программы дисциплины по специальности 15.02.08 Технология машиностроения.

В методических указаниях содержится описание 6 практических работ, что соответствует перечню практических работ по рабочей программе дисциплины ОП.22 Основы промышленной экологии. Для каждой практической работы определена тематика, цели, теоретический аспект, пример выполнения и варианты заданий. Целью методических указаний является оказание помощи обучающимся при изучении дисциплины.

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	4
Практическая работа № 1 Методы очистки промышленных газов	5
Практическая работа № 2 Рациональное природопользование в промышленности ...	9
Практическая работа № 3 Приемы инженерной защиты от шума	12
Практическая работа № 4 Безотходная и малоотходная технологии	16
Практическая работа № 5 Ресурсосберегающие производства	26
Практическая работа № 6 Рекуперация и утилизация твердых отходов	29
Перечень используемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы.....	41
Приложение	42

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению практических работ предназначены для студентов очного отделения специальности 15.02.08 Технология машиностроения.

Данные методические указания предназначены для проведения практических работ по дисциплине ОП.22 Основы промышленной экологии.

Рабочей программой учебной дисциплины ОП.22 Основы промышленной экологии на проведение практических работ предусмотрено 12 часов. Продолжительность каждого занятия 2 часа.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать

- механизмы антропогенных воздействий на окружающую среду;
- основы нормирования качества окружающей среды;
- основные методы и оборудование для очистки отходящих газов (газовых выбросов), для очистки сточных вод и утилизации отходов;
- специфику воздействий загрязняющих веществ на здоровье человека;
- основные направления экологической деятельности предприятия;
- основные принципы и направления создания малоотходных и безотходных технологий в различных отраслях промышленности;
- основы организации производственного экологического контроля на предприятии.

Уметь

- охарактеризовать воздействие различных отраслей промышленного производства на компоненты окружающей среды и здоровье человека;
- оценивать экологические последствия загрязнения окружающей среды;
- разрабатывать рекомендации по охране окружающей среды с учётом специфики производства на предприятиях различных отраслей промышленности;
- предлагать и обосновывать выбор технических средств охраны окружающей среды;
- контролировать экологическое соответствие различных планов и проектов;
- оценивать состояние окружающей среды в условиях антропогенного воздействия и предлагать меры по снижению данного воздействия.

Выполнение практических работ студентом способствует закреплению изученного теоретического материала, формирует у студентов практические навыки работы.

Студенты предварительно должны подготовиться к занятиям: изучить содержание работы на занятии, порядок её выполнения, повторить теоретический материал, связанный с данной работой.

Практическая работа № 1

Тема: Методы очистки промышленных газов

Цель: Познакомиться методом очистки газов циклоном и рассчитать его

Для очистки воздуха от твердых взвешенных частиц на промышленных предприятиях широко используются циклоны. Циклон представляет собой цилиндрический резервуар с конусом внизу. Неочищенный воздух поступает внутрь цилиндра в его верхней части, где воздушный поток закручивается вокруг центральной трубы. Под действием центробежной силы твердые пылевые частицы ударяются о стенки, и, теряя свою энергию, падают в нижнюю половину конусообразной части циклона, где располагается пылесборник. Хотя воздушный (газовый) поток и теряет свою мощность, его давление остается постоянным за счет сужения поперечного сечения в нижней части циклона. Очищенный воздух по центральной трубе удаляется в атмосферу или поступает в другое устройство, предназначенное для более тонкой очистки.

Предположим, что для расчета циклона имеются следующие исходные данные:

- объем очищаемого газа $Q=1,5\text{ м}^3/\text{с}$
- плотность газа при рабочих условиях $\rho=1,7\text{ кг}/\text{м}^3$
- плотность частиц пыли $\rho_{\text{ч}}=2000\text{ кг}/\text{м}^3$
- дисперсный состав пыли $d_M=20\text{ мкм}$ и $\lg\delta=0,8$
- входная концентрация пыли $C_{\text{вх}}=10\text{ г}/\text{м}^3$
- вязкость при рабочей $t^\circ \mu=17,5 \cdot 10^{-6}\text{ Па}\cdot\text{с}$.

Требуется рассчитать циклон для заданного источника выделения пыли с эффективностью очищения $\eta=0,8$.

Расчет циклона проводится в следующем порядке.

1. Выбираем циклон (см. таблицу 2), для которого диаметр частиц пыли ориентировочно $d_m > 2 \cdot dt_{50}$ (мкм). d_m – медианный размер частиц, который представляет такой размер, при котором количество частиц крупнее d_m , равно количеству частиц мельче d_m .

2. По выбранному типу циклона, определяем оптимальную скорость движения газа $\omega_{\text{оп}}$ в сечении циклона диаметром D с учетом данных таблицы 2.

ЦН-24 $\Rightarrow \omega_{\text{оп}} = 3,5\text{ м}/\text{с}$.

3. Рассчитываем диаметр циклона D , м, по формуле

$$D = \sqrt{4Q / (\pi \omega_{\text{оп}})}$$

Полученное значение D округляем до ближайшего типового значения внутреннего диаметра циклона. Если расчетный диаметр циклона превышает его максимально допустимое значение, то необходимо применять два или более параллельно установленных циклона.

$$D = \sqrt{4 \cdot 1,5 / (3,14 \cdot 3,5)} = 0,652\text{ м} = 655\text{ мм}.$$

Ближайшее типовое значение внутреннего диаметра циклона $D=700$ мм.

По диаметру циклона находим действительную скорость движения газа в циклоне по формуле

$$\omega = 4 \cdot Q / (\pi \cdot n \cdot D^2),$$

где n – число циклонов. Действительная скорость в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более чем на 15%.

$$\omega = 4 \cdot 1,5 / (3,14 \cdot 1 \cdot 0,7^2) = 3,9\text{ м}/\text{с}.$$

4. Определяем коэффициент гидравлического сопротивления точного циклона

$$\zeta = k_1 \cdot k_2 \cdot \zeta_{500},$$

где k_1 – поправочный коэффициент, учитывающий диаметр циклона (табл.3),

k_2 – поправочный коэффициент, учитывающий запыленность газа (табл.4);
 ζ_{500} – коэффициент гидравлического сопротивления циклона диаметром 500 мм (таблица 2).

$$\zeta = 1,0 \cdot 0,95 \cdot 75 = 71,25.$$

5. Определяем значение гидравлического сопротивления циклона по формуле

$$\Delta P = P_{вх} - P_{вых} = \zeta \cdot \rho \cdot \omega^2 / 2,$$

где ρ – плотность газа в расчетном сечении аппарата; ω – скорость газа в расчетном сечении аппарата.

$$\Delta P = 71,25 \cdot 1,7 \cdot 3,9^2 / 2 = 921,15 \text{ Па.}$$

6. Определяем эффективность очистки газов в циклоне по формуле

$$\eta = 0,5 \cdot [1 + \Phi(X)],$$

где

$$X = \lg(d_M / d_{50}) \frac{1}{\sqrt{\lg^2 \delta_T + \lg^2 \delta}},$$

$$\Phi(X) = \begin{cases} 0,3762 \cdot X + 0,5 & (0 \leq X \leq 0,6) \\ 1 - \frac{1}{5,8 \cdot X + 0,5} & (X \geq 0,6) \end{cases}.$$

Значения берутся из таблицы 2. Значения, приведенные в таблице 2, определены по условиям работы типового циклона, для которого справедливы следующие значения: $DT=0,6\text{м}$; $\rho_{чТ}=1930\text{кг/м}^3$; $\mu_T=22,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\omega_T=3,5\text{м/с}$. $\lg \delta_T$,

В случае отклонений условий работы циклона от типовых

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{(D / D_T) \cdot (\rho_{чТ} / \rho_{ч}) \cdot (\mu / \mu_T) \cdot (\omega_T / \omega)}$$

Полученное значение d_{50} должно быть меньше d_M (заданного). Если это не выполняется, необходимо выбрать другой циклон с меньшим значением d_{50}^T .

$$X = \lg(20 / 7,587) \frac{1}{\sqrt{0,308^2 + 0,8^2}} = 0,491, \quad \Phi(X) = 0,685,$$

$$\eta = 0,5 \cdot [1 + 0,685] = 0,842.$$

Если расчетное значение η окажется меньше значения, требуемого по условиям допустимого выброса пыли в атмосферу, то необходимо выбрать другой тип циклона с большим значением коэффициента гидравлического сопротивления. Концентрация пыли на выходе из циклона определяется по формуле

$$C_{вых} = C_{вх} \cdot (1 - \eta) = 10 \cdot 0,16 = 1,6 \text{ г/м}^3.$$

Таблица 1

Исходные данные для выполнения задания

№ вар.	Наименование оборудования	Q	ρ	μ	d_M	$\lg \delta$	$C_{вх}$	ρ	η
1	Клинкерно-обжиговая печь	20	1,29	17,3	23	0,501	30	2000	0,85
2		26	1,29	17,3	20	0,602	10	2000	0,80
3		10	1,29	17,3	14	0,535	25	2000	0,80
4		16	1,29	17,3	9	0,497	20	2000	0,80
5	Шахтная мельница	0.1	1,29	17,3	56	0,97	100	2240	0,80
6	Крекинг установка	2	1,29	17,3	16	0,250	10	2600	0,85
7		10	1,29	17,3	14	0,250	20	2600	0,85
8	Крекинг установка	10	1,29	17,3	7	0,301	15	2600	0,85

№ вар.	Наименование оборудования	Q	ρ	μ	d_M	$\lg \delta$	C_{BX}	ρ	η
9	Углесушильный барабан	5	1,29	17,3	15	0,334	50	1350	0.80
10	Шаровая мельница	1	1,29	17,3	6	0,468	20	2900	0,80
11	Вращающаяся цементная печь	10	1,29	17,3	7	0,345	40	2000	0.80
12	Вращающаяся цементная печь	10	1,29	17,3	18	0,652	20	2000	0,85
13	Электролизер алюминия	5	1,29	17,3	10	0,352	1	2700	0,85
14	Вращающаяся печь обжига	2	1,29	17,3	13	0,215	100	2900	0,85
15	Вращающаяся печь обжига	3	1,29	17,3	8	0,506	40	2650	0.80
16	Распылительная сушилка	10	1,29	17,3	8	0,210	4	1800	0.80
17	Барабанная сушилка	10	1,29	17,3	15	0,360	10	1800	0,80
18		12	1,29	17,3	11	0,360	20	1800	0,80
19	Барабанная сушилка	8	1,29	17,3	20	0,352	10	2700	0,85
20	Цементная мельница	5	1,29	17,3	12	0,468	60	2900	0,85
21	Наждачный станок	0,5	1,29	17,3	38	0,214	10	2500	0,85
22	Шаровая мельница	3	1,29	17,3	9	0,385	10	2900	0,80
23	Электролизер алюминия	8	1,29	17,3	10	0,468	2	2700	0,85
24	Наждачный станок	0,6	1,29	17,3	30	0,312	15	2500	0,85
25	Шаровая мельница	2	1,29	17,3	6	0,268	10	2900	0.80

Таблица 2

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34м
$\omega_{оп}$	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0
d_{50}^T	8,5	6,0	4,5	3,65	2,31	1,95	1,3
$\lg \delta_T$	0,308	0,283	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340
Значение ζ_{500}	75	155	155	245	520	1050	1050

Таблица 3

Тип циклона	Значения k_1 для D, мм				
	150	200	300	450	500 и >
ЦН-11	0,94	0,95	0,96	0,99	1,0
ЦН-15У, ЦН-15, ЦН-24	0,85	0,9	0,93	1,0	1,0
СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-34м	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица 4

Тип циклона	Значения k_2 при $C_{вх}$, г/м ³ .						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	–
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15У	1	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК-ЦН-33	1	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК-ЦН-34	1	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК-ЦН-34м	1	0,99	0,97	0,95	0,915	0,91	0,90

Практическая работа № 2

Тема: Рациональное природопользование в промышленности

Цель: выяснить ресурсообеспеченность природными ресурсами, научиться сопоставлять потенциальный запас лесных ресурсов и реальную интенсивность их потребления.

Ход работы

Задание 1. Выясните ресурсообеспеченность стран мира отдельными видами минеральных ресурсов

Алгоритм выполнения задания:

1. Используя данные таблицы 1, заполните таблицу, рассчитав ресурсообеспеченность в годах отдельных стран важнейшими видами минеральных ресурсов, вычисления сделать по формуле:

$$P = Z/D,$$

где P – ресурсообеспеченность (в годах), Z – запасы, D – добыча;

2. Заполните таблицу «Ресурсообеспеченность природными ресурсами»

Страна	Ресурсообеспеченность			
	нефть	уголь	железные руды	газ
Россия				
Германия				
Китай				
США				
Индия				

3. Выявите отдельные страны с максимальными и минимальными показателями ресурсообеспеченности каждым видом минерального сырья;

4. Сделайте вывод о ресурсообеспеченности стран мира отдельными видами минеральных ресурсов.

Таблица 1

Ресурсообеспеченность некоторыми видами природных ресурсов

Страна	Запасы				Добыча			
	Нефть (млрд. т)	Уголь (млрд. т)	Железные руды (млрд. т.)	Газ (трлн. м3)	Нефть (млн. т.)	Уголь (млн. т)	Железные руды (млн. т)	Газ (млрд. м3)
Россия	6,7	200	71	48,1	304	281	107	550
Германия	0,2	11	2,9		12	249	0	
Китай	3,9	272	40		160	1341	170	
США	3	445	25,4	4,7	402	937	58	540
Индия	0,6	29	19,3		36	282	60	

Задание 2. Выясните мировое потребление энергии.

Алгоритм выполнения задания:

1. Используя данные таблицы 2 постройте график «Мировое потребление энергии», на оси ОХ отложите года, на оси ОУ мировое потребление энергии.

Таблица 2

Мировое потребление энергии

Вид сырья	2000 год	2005 год	2010 год	2015 год	2020 год
Нефть	157,7	172,7	190,4	207,5	224,6
Природный газ	90,1	111,3	130,8	153,6	177,5
Уголь	97,7	107,1	116,0	124,8	138,3
Атомная энергия	24,5	24,9	25,2	23,6	21,7

2. Сделайте вывод о мировом потреблении энергии.

Задание 3. Выясните обеспеченность регионов России лесными ресурсами.

Алгоритм выполнения задания:

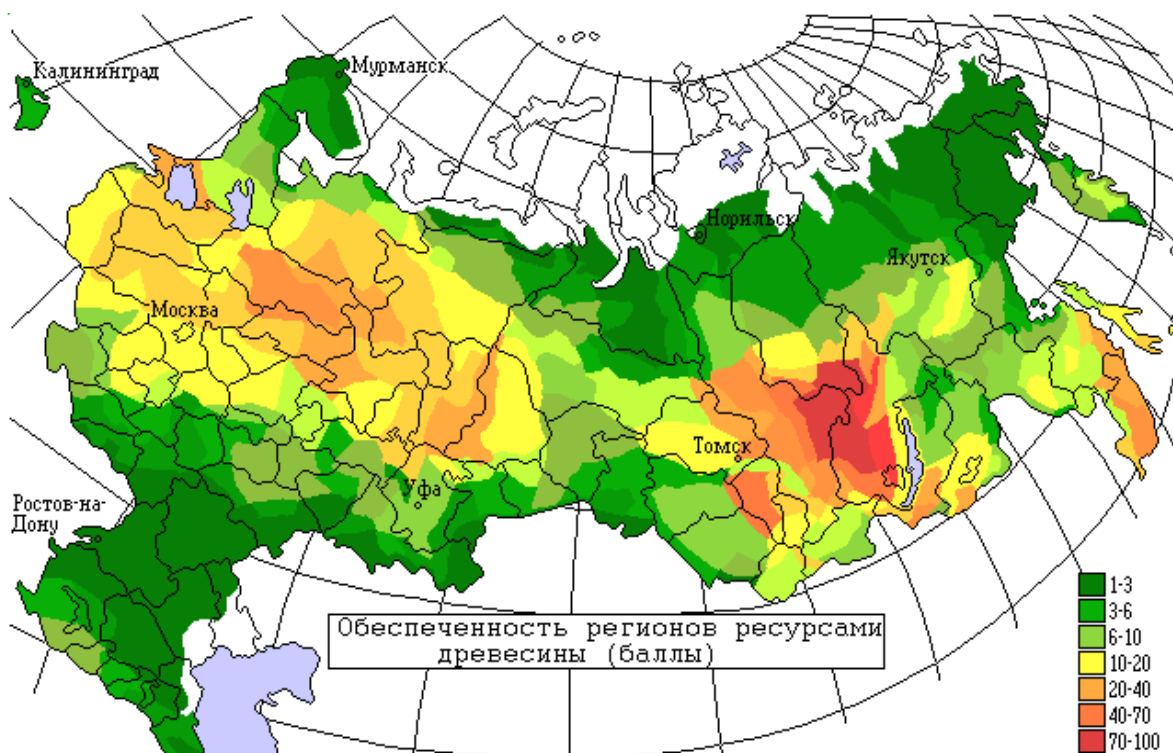
1. Определите наиболее и наименее обеспеченные лесными ресурсами регионы страны (карта №1). Результаты оформите в виде таблицы.

Обеспеченность ресурсами	Регионы	Баллы
1. Наиболее обеспечены		
2. Наименее обеспечены		

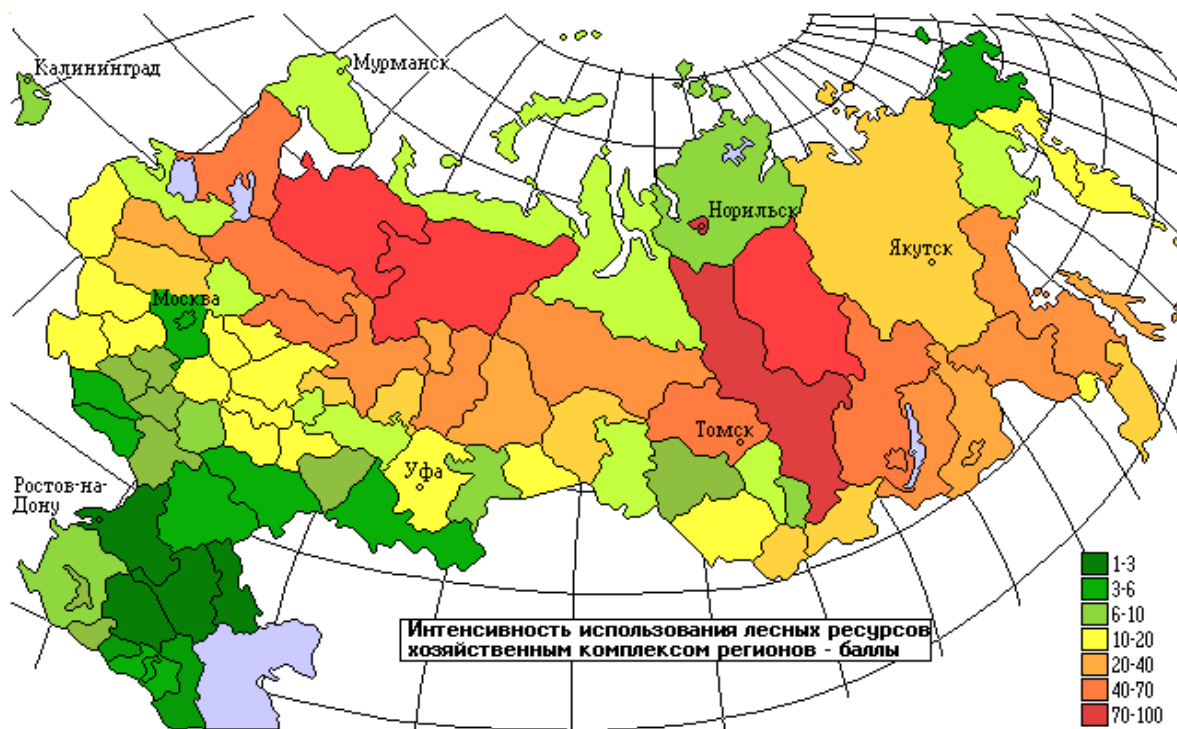
2. Определите регионы страны, в которых производится наибольшая и наименьшая интенсивность использования лесных ресурсов (карта 2). Результаты оформите в виде таблицы.

Интенсивность использования ресурсов	Регионы	Баллы
1. Наибольшая интенсивность		
2. Наименьшая интенсивность		

3. Используя данные заполненных таблиц, выявите соотношение: «обеспеченность-интенсивность использования» на территории Российской Федерации. Сделайте вывод о предполагаемых последствиях.



Карта №1



Карта №2

Практическая работа № 3

Тема: Приемы инженерной защиты от шума

Цель: Познакомится со способами защиты человека от шума в производственном помещении, и рассчитать их основные параметры

Допустимый уровень звукового давления на постоянных рабочих местах на среднегеометрических частотах октавных полос составляет:

Таблица 1

f (Гц)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{доп}}$ (дБ)	107	95	87	82	78	75	73	71	69

При одновременной работе агрегатов равной интенсивности общий уровень звукового давления в помещении

$$L_{\text{общ}} = 10 \lg n + L, \text{ дБ} \quad (1)$$

где n - число агрегатов;

L - уровень силы звука одного источника, дБ.

При совместном действии нескольких источников с разными уровнями силы звука для определения общего уровня необходимо суммировать их попарно-последовательно и для каждой пары расчет вести по формуле

$$L_{\text{общ}} = L_{\text{больш}} + \Delta L, \text{ дБ} \quad (2)$$

где $L_{\text{больш}}$ - наибольший из суммируемых уровней силы звука, дБ;

ΔL – поправка, определяемая по таблице, дБ.

Таблица 2

Таблица сложения уровней звуковой мощности или звукового давления

Разность двух складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка к более высокому уровню, необходимая для получения суммарного уровня, дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Требуемый уровень снижения шума до нормативного составит

$$L_{\text{тр}} = L_{\text{общ}} - L_{\text{доп}}, \text{ дБ} \quad (3)$$

Для локализации наиболее шумных машин и механизмов используют звукоизолирующие кожухи. Акустическая эффективность кожуха (дБ) определяется по формуле

$$\Delta L_{\text{к}} = R_{\text{к}} + 10 \lg \alpha_{\text{обл}}, \text{ дБ} \quad (4)$$

где $R_{\text{к}}$ - звукоизоляция стенок кожуха;

$\alpha_{\text{обл}}$ - коэффициент звукопоглощения материала кожуха, для двухслойного кожуха

$$\alpha_{\text{обл}} = \alpha_1 + \alpha_2, \quad (5)$$

где α_1 и α_2 - коэффициенты звукопоглощения каждого слоя.

Если стенки кожуха не имеют звукопоглощающей облицовки, то эффективность кожуха определяют по формуле

$$\Delta L_{\text{к}} = R_{\text{к}} - 10 \lg \frac{S_{\text{к}}}{S_{\text{ист}}}, \quad (6)$$

где $S_{\text{к}}$ – площадь поверхности кожуха, м²;

$S_{\text{ист}}$ – площадь поверхности машины, создающей шум, м².

Звукоизоляцию R_k , дБ, ограждения однослойного или из нескольких, жестко связанных между собой слоев можно рассчитать по полуэмпирической формуле

$$R_k = 20 \lg(m \cdot f) - 47,5, \text{ дБ, или } R_k = 20 \lg(\rho \cdot d \cdot f) - 47,5, \text{ дБ,} \quad (7)$$

где m – поверхностная масса ограждения, кг/м²;

f - частота колебаний, Гц;

ρ - плотность материала, кг/м³;

d - толщина стенки материала, м.

Для снижения уровня аэродинамического шума на трубопроводах устанавливают глушители. Они должны обеспечивать свободный проход воздуха через сечение и необходимое снижение шума. Сечение глушителя квадратное со стороной А (мм).

Снижение уровня шума на 1 погонный метр глушителя L с наполнителем из супертонкого минерального волокна (СТВ) толщиной 100 мм находят из таблицы:

Таблица 3

Типоразмер глушителя	Величина снижения шума при частоте							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A-160	4,0	6,5	20,0	27,0	29,0	25,0	16,0	7,5
A-200	4,0	5,5	18,0	22,0	21,0	16,0	10,0	5,0
A-250	3,0	4,5	14,5	17,5	17,0	13,0	8,0	4,0
A-400	2,5	3,5	7,0	7,5	12,0	8,0	5,0	3,0
A-500	2,0	3,0	5,5	6,0	10,0	6,5	4,0	2,5
	Предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562-96							
	95	87	82	78	75	73	71	69

Снижение шума можно достичь путем установки виброизоляторов. Расчет резиновых виброизоляторов состоит в определении их размеров и определении эффективности виброизоляции.

Площадь резиновых виброизоляторов рассчитывается по формуле

$$S_0 = \frac{P}{\sigma}, \text{ см}^2, \quad (8)$$

где P - общая масса установки, кг;

σ - допустимая удельная нагрузка для резины, кг/см².

Площадь одного резинового виброизолятора будет равна

$$S_i = \frac{S_0}{n}, \quad (9)$$

где n - число резиновых виброизоляторов.

Высоту виброизоляторов определяют из уравнения

$$H_{\text{из}} = \frac{E \cdot S_0}{K}, \text{ см,} \quad (10)$$

где E - динамический модуль упругости, кг/см²;

K - необходимая суммарная жесткость виброизоляторов, определяемая по формуле

$$K = 4 \cdot \pi \cdot f_c \cdot \frac{P}{g}, \text{ кг/см} \quad (11)$$

где f_c - необходимая частота собственных вертикальных колебаний, Гц;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

$$f_c = \frac{f}{\alpha}, \text{ Гц} \quad (12)$$

где f - основная расчетная частота вынуждающей силы, определяемая по формуле

$f = n/60$, Гц, где n – частота вращения вала электродвигателя, об/мин;
 α – коэффициент виброизоляции, рекомендуют принимать при динамической балансировке $\alpha \geq 3$.

Для устойчивой работы виброизоляторов при их выборе необходимо выполнить следующие условия:

- 1) для агрегатов с расчетной частотой вращения от 350 до 500 об/мин $f_{\max} \leq 0,43 f$,
- 2) с частотой $500 < n \leq 1000$ об/мин $f_{\max} = 0,4 f$,
- 3) для быстроходных агрегатов с частотой свыше 1000 об/мин $0,2 \leq f_{\max} \leq 0,33 f$.

Эффективность виброизоляции (снижение ее уровня) на резиновых опорах рассчитывается по формуле:

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \left(\frac{f^2}{f_c^2} - 1 \right), \text{ дБ} \quad (13)$$

Сопоставляя полученный результат с требуемым уровнем снижения вибрации $\Delta L \geq \Delta L_{\text{тр}}$ делаем вывод о возможности использования виброизоляции с помощью резиновых виброизоляторов.

Задача 1. Определить требуемый уровень снижения шума в цехе ΔL (дБ), в котором находится 4 агрегата, создающие шум со следующими уровнями: $L_1; L_2; L_3; L_4$. $L_{\text{доп}} = 80$ дБ.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
L_1 , дБ	90	90	90	85	86
L_2 , дБ	94	90	90	85	87
L_3 , дБ	91	90	90	85	88
L_4 , дБ	84	90	94	85	92

Задача 2. Определить ожидаемый уровень звукового давления L (дБ) установки при использовании звукоизолирующего устройства (металлического кожуха толщиной δ_1 (м) с внутренней облицовкой из войлока толщиной δ_2 (м)). Коэффициент звукопоглощения технического войлока 0,4; коэффициент звукопоглощения металлического кожуха 0,01. Плотность стали принять равной 7900 кг/м^3 , плотность технического войлока 330 кг/м^3 .

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
Уровень звукового давления установленный, дБ	120	110	100	90	105
Частота шума, Гц	800	900	2000	3500	500
Толщина δ , м: для стали	0,001	0,01	0,005	0,015	0,025
для войлока	0,01	0,01	0,05	0,025	0,015

Задача 3. Звукоизоляция кожуха на частоте f_1 (Гц) составляет $R_{к1}$ (дБ). Найдите эффективность кожуха $R_{к2}$ (дБ) на частоте f_2 (Гц).

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
f_1 , Гц	1000	500	4000	125	63
$R_{к1}$, дБ	30	25	20	10	5
f_2 , дБ	100	125	500	2000	1000

Задача 4. Рассчитать, подобрать типоразмер и количество секций глушителя аэродинамического шума трубчатого типа, установленного на выхлопе вентилятора высокого давления ЦВ-18, уровень шума которого на частоте f (Гц) равен L (дБ) при производительности Q (м³/ч). Секции глушителя длиной 500 мм соединяются между собой при помощи фланцев. Скорость воздуха в проходном сечении глушителя для предотвращения оседания пыли должна находиться в пределах 15...20 м/с.

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
f (Гц)	2000	1000	500	250	125
L (дБ)	102	100	96	98	90
Q (м ³ /ч)	9000	1500	2500	10000	4000

Задача 5. Рассчитать площадь S (см²) и высоту $H_{из}$ (см) резиновых виброизоляторов в виде ребристых плит устанавливаемых по углам опорной рамы, на которой расположен электродвигатель с частотой вращения n (об/мин). Масса установки с опорной рамой P (кг). Динамический модуль упругости резины $E = 40$ кг/см², допустимая нагрузка $F_{доп} = 1,0$ кг/см².

Параметры	Варианты исходных данных				
	1	2	3	4	5
n , об/мин	1000	1500	2000	1600	1800
P , кг	300	400	500	500	600

Тема: Безотходная и малоотходная технологии

Цель: Изучить основные положения, направления безотходной и малоотходной технологии производства

Безотходные технологии. Природные, круговороты веществ являются практически замкнутыми. В естественных экосистемах вещество и энергия расходуются экономно и отходы одних организмов служат важным условием существования других. Антропогенный круговорот веществ значительно разомкнут, сопровождается большим расходом природных ресурсов и большим количеством отходов, вызывающих загрязнение окружающей среды. Создание даже самых совершенных очистных сооружений не решает проблему, так как это борьба со следствием, а не с причиной. Поэтому основной задачей является разработка технологий, позволяющих сделать антропогенный круговорот как можно более замкнутым, так называемых малоотходных и безотходных технологий.

Достижение полной безотходности, как уже было сказано, нереально, поскольку противоречит второму началу термодинамики. Создать абсолютно замкнутый круговорот веществ теоретически возможно, но все равно будут потери энергии в виде тепла. Поэтому термин «безотходная технология» условен, и правильнее использовать термин «малоотходная технология». Малоотходная технология — такой способ производства, который обеспечивает максимально эффективное использование сырья и энергии с минимумом отходов и потерь энергии.

Концепция безотходного производства включает несколько положений. Во-первых, ресурсы необходимо использовать в таком цикле, который включал бы не только сферу промышленного производства, но и сферу потребления. Замкнутым такой цикл может быть только на уровне промышленного региона или территориально-производственного комплекса. Следовательно, необходимо в рамках этого региона или комплекса найти потребителей отходов, производимых предприятиями. Во-вторых, должно быть обязательное использование в производстве всех компонентов сырья и сведение до минимума нерациональных энергозатрат. В-третьих, составной частью концепции безотходного производства является сохранение сложившегося экологического равновесия, иначе говоря, сохранение нормального функционирования ОПС, при котором оно не оказывает отрицательного воздействия на среду обитания человека, его здоровье. Напомним при этом, что критерием качества окружающей среды ныне являются предельно допустимые концентрации (ПДК) и рассчитанные на их основе предельно допустимые выбросы (ПДВ) и сбросы (ПДС).

Таким образом, понятие «безотходная технология» есть не только чисто технологический процесс в широком смысле, это и совокупность организационных и управленческих мероприятий, проектных и научно-исследовательских работ. Оно обязательно должно охватывать и сферу потребления продукции, которая после утраты своих потребительских свойств (например, изношенные автопокрышки, пластиковые бутылки) могла бы быть возвращена в производство или, в крайнем случае, переведена в экологически безопасную форму. К сожалению, имеет место прямо противоположное: те же использованные пластиковые емкости захламляют территории, хотя вполне можно наладить их утилизацию.

Разработаны следующие рекомендации по созданию малоотходных и ресурсосберегающих технологий:

- все производственные процессы должны осуществляться при минимальном числе технологических этапов, поскольку на каждом из них образуются отходы и теряется сырье;
- технологические процессы должны быть непрерывными, что позволяет наиболее эффективно использовать сырье и энергию;
- единичная мощность технологического оборудования должна быть оптимальной, что соответствует максимальному коэффициенту полезного действия и минимальным потерям;
- при разработке нового технологического оборудования необходимо предусматривать широкое использование автоматических систем на базе компьютерной техники, обеспечивающих оптимальное ведение технологических процессов с минимальным выходом вредных веществ;
- выделяющаяся в различных технологических процессах теплота должна быть полезно использована, что позволит сэкономить энергоресурсы, сырье и снизит тепловую нагрузку на окружающую среду.

С учетом этих общих рекомендаций можно определить основные направления в совершенствовании малоотходных технологий для отраслей промышленности, наносящих урон окружающей среде.

Так, в *энергетике* необходимо шире использовать новые методы сжигания твердого топлива, например, в кипящем слое, а также оборудования, в частности горелок с низким выходом вредных веществ, что способствует снижению содержания вредных веществ в отходящих газах; разрабатывать эффективные системы очистки этих газов от пыли и оксидов серы и азота; применять экологически чистые источники энергии: термальных вод, солнечную, ветра, воды.

В *черной и цветной металлургии* необходимо внедрение безотходных и малоотходных технологических процессов, обеспечивающих экономное и рациональное использование рудничного сырья:

- вовлечение в переработку газообразных, жидких и твердых отходов производств, снижение выбросов и сбросов вредных веществ с отходящими газами и сточными водами;
- использование отвальных твердых отходов горного и обогащительного производства в качестве строительных материалов, дорожных покрытий и т.д. вместо специально добываемых минеральных ресурсов;
- использование ресурсосберегающих процессов, позволяющих интенсифицировать процесс переработки сырья, уменьшить расход энергоносителей, снизить объем отходящих газов и вредную нагрузку на окружающую среду;
- резкое сокращение расхода свежей воды и уменьшение количества сточных вод путем дальнейшего развития и внедрения безводных технологических процессов и бессточных систем водоснабжения;
- разработка и широкое внедрение на металлургических предприятиях высокоэффективного очистного оборудования, а также устройств контроля и мониторинга окружающей среды;
- разработка и внедрение новых малоотходных и безотходных процессов получения стали: бездоменного и бескоксowego, порошковой металлургии; автогенных процессов в цветной металлургии.

На *транспорте* необходимо внедрение экологически чистых видов топлива (газа, неэтилированных бензинов), устройство каталитического дожигания и улавливания вредных веществ, широкое внедрение электромобилей.

В *машиностроении* разрабатывать системы водоочистки для гальванических производств, переходить к замкнутым системам рециркуляции воды и извлечению металлов из сточных вод, в области обработки металлов шире использовать получение деталей из пресс-порошков.

Альтернативные источники энергии. Снизить потребление сырой нефти и других традиционных видов топлива можно, заменив их другими источниками энергии. Такой переход неизбежен в долгосрочной перспективе, поскольку возможности энергосбережения ограничены законами термодинамики. Все это, естественно, должно сочетаться с развитием энергосберегающих технологий:

1) Ядерная энергия. Атомные электростанции (АЭС) имеют ряд важных преимуществ с другими электростанциями: при нормальных условиях функционирования они абсолютно не загрязняют окружающую среду, не требуют привязки к источнику сырья и соответственно могут быть размещены практически везде, новые энергоблоки имеют мощность практически равную мощности средней гидроэлектростанции (ГЭС), однако коэффициент использования установленной мощности на АЭС значительно превышает этот показатель у ГЭС или теплоэлектростанции (ТЭС). Значительных недостатков АЭС при нормальных условиях функционирования практически не имеют.

Если сопоставить работу двух электростанций одной и той же мощности (1000 МВт) в течение года, то в отношении *потребности в топливе* для ТЭС необходимо 3,5 млн т угля; добыча такого его количества открытым способом нанесет серьезный ущерб ландшафту, окружающим водоемам и за счет кислотного выщелачивания —

грунтовыми водам. Для АЭС потребуется 1,5 т обогащенного урана, что соответствует всего 1000 т урановой руды.

По вопросу *выделения углекислого газа* в результате работы угольной ТЭС в атмосферу поступит более 10 млн т углекислого газа, что усугубит парниковый эффект. АЭС вообще углекислого газа не выделяет.

Выбросы двуокиси серы и других компонентов кислотных дождей составят на ТЭС более 400 тыс. т; на АЭС они не образуются.

Проблема захоронения твердых отходов существует в обоих случаях. Радиоактивные отходы АЭС составят около 2 т; на ТЭС образуется около 100 тыс. т золы.

Именно радиоактивные отходы и возможности аварий на АЭС вызывают тревогу ученых и общественности. Общественное мнение станет решающим фактором в судьбе «ядерной мечты».

Однако нельзя не заметить опасность АЭС при возможных форс-мажорных обстоятельствах (землетрясениях, ураганах, и т.п.), в этом случае устаревшие модели энергоблоков представляют потенциальную опасность радиационного заражения территорий из-за неконтролируемого перегрева реактора.

Солнечная энергия — это кинетическая энергия излучения (в основном света), образующаяся в результате термоядерных реакций в недрах Солнца. Ее запасы практически неисчислимы (астрономы подсчитали, что Солнце будет «гореть» еще несколько миллиардов лет). Также подсчитано, что примерно 1% солнечной энергии вполне достаточно для обеспечения всех нужд транспорта, промышленности и нашего быта не только сейчас, но и в обозримом будущем. Более того, вне зависимости от того, будем ли мы ее использовать, на энергетическом балансе Земли и состоянии биосферы это никак не отразится.

По использованию солнечной энергии на душу населения на первом месте в мире стоит Кипр, где 90% коттеджей и большое число отелей и многоквартирных домов располагают солнечными водонагревателями. В Израиле солнечная энергия обеспечивает 65% горячего водоснабжения жилищ. Итак, существуют огромные возможности использования солнечной энергии для отопления и горячего водоснабжения. Это позволяет экономить как деньги, так и топливо, которое высвобождается для удовлетворения других нынешних и будущих потребностей. Основными источниками энергии являются:

- солнечные батареи, изготовленные из особых материалов, в которых падающая энергия света индуцирует поток электронов, т.е. попросту электрический ток;

- «энергобашни», — вероятно, в детстве вы не раз пользовались увеличительным стеклом, чтобы прожечь дырку в бумаге. Своеобразное применение подобный подход нашел в так называемых «энергобашнях». Установленные на площади в несколько гектаров зеркала фокусируют солнечный свет на котле, находящемся на вершине башни. Высокая температура превращает воду в пар, приводящий в движение обычный турбогенератор. По своей рентабельности энергобашни могут конкурировать с АЭС, а кроме того, не загрязняют окружающую среду;

- солнечные пруды (рис. 4.2) — это еще более дешевый способ улавливать и запастись солнечную энергию. Искусственный водоем частично заполняется рассолом (очень соленой водой), поверх которого находится пресная вода. Плотность рассола гораздо выше, поэтому он остается на дне и с верхним слоем почти не смешивается. Солнечные лучи без помех проходят через пресную воду, но поглощаются рассолом, превращаясь при этом в тепло. Верхний слой действует как изоляция, не позволяя остывать нижнему. Иными словами, в солнечных прудах используется тот же принцип, что и в парниках, только земля и стекло заменены здесь соответственно рассолом и пресной водой. Поскольку солнечный пруд представляет собой высокоэффективный теплоаккумулятор, с его помощью можно получать энергию непрерывно.

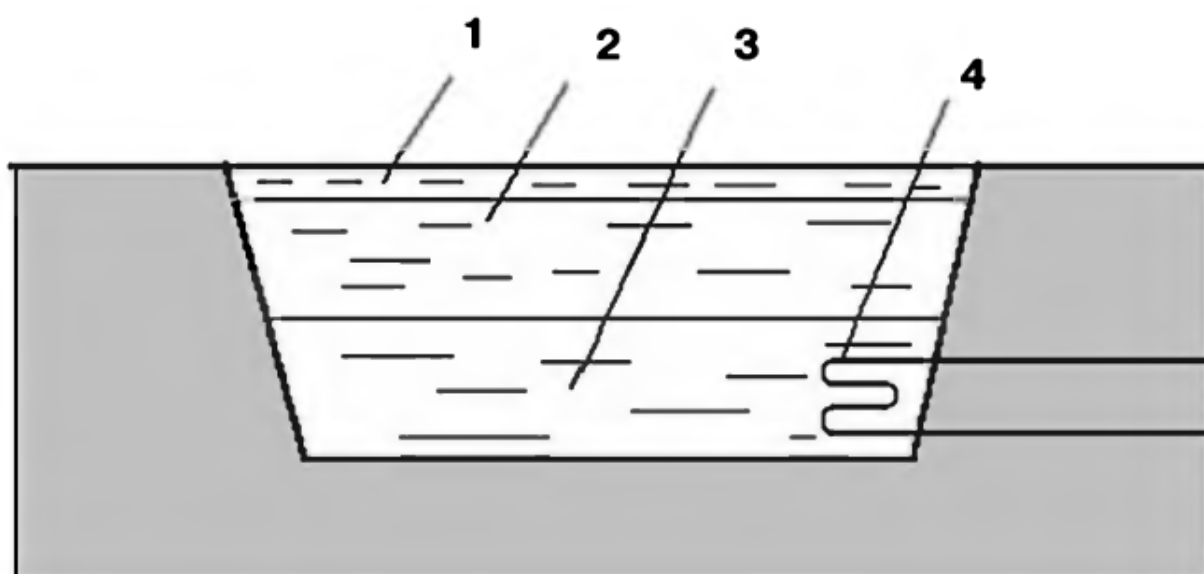


Рис. 4.2. Схема солнечного пруда: 1 — пресная вода;
2 — изолирующий слой с увеличивающейся к низу концентрацией;
3 — слой горячего раствора; 4 — теплообменник

Энергетическое использование биомассы. Биомассой называется любая органика, образующаяся за счет фотосинтеза. Ее энергетическое использование — непосредственное применение в виде топлива или переработка в различные его виды. Здесь существует несколько способов:

Прямое сжигание — одна треть населения земного шара до сих пор использует древесину как единственный источник тепла и получения энергии. В ряде районов проблема загрязнения воздуха дымом от дровяных печей встала настолько остро, что уже вводятся ограничения на такое использование биомассы.

Получение биотоплива (рис. 4.3). Наиболее масштабным является производство биогаза. Питание бактерий органикой в анаэробных условиях сопровождается выделением биогаза, на две трети состоящего из метана. Использование биогаза в качестве источника энергии таит в себе большие возможности.

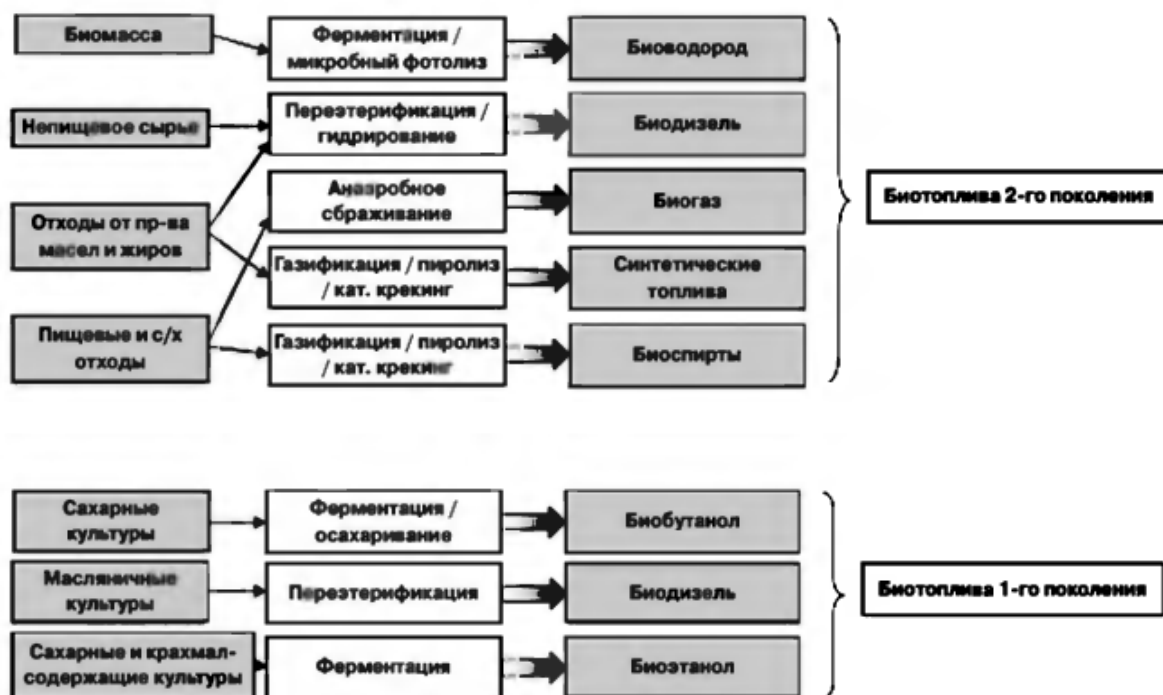


Рис. 4.3. Производство биотоплива

Получение спирта. Когда дрожжи в анаэробных условиях питаются сахаром и/или крахмалом, в качестве побочного продукта выделяется спирт, происходит так называемое спиртовое брожение. Кипятя полученный раствор и конденсируя спирт (этот процесс называется перегонкой, или дистилляцией), его концентрируют. Первой страной, начавшей крупномасштабное производство спирта из сахарного тростника как автомобильного горючего, стала Бразилия. В настоящее время

многие автомобили там работают на его смеси с бензином — так называемом бензоспирте.

Гидроэнергия. В течение тысячелетий падающая вода использовалась для вращения различных лопастей, колес и турбин. Однако Земля не располагает достаточным количеством крупных естественных водопадов, поэтому еще в XIX в. началось строительство высоких плотин, создающих искусственные перепады воды, позволяющие получать значительное количество гидроэлектроэнергии. Хотя движущаяся вода и представляет собой не загрязняющий окружающую среду энергоресурс, развитие гидроэнергетики связано с огромными трудностями. Строительство плотин привело к затоплению ряда красивейших речных долин, гибели их растительного и животного мира, исчезновению ценных сельскохозяйственных угодий, лесов, территорий, представляющих археологический, геологический интерес. Поскольку расход воды, проходящей через плотину ГЭС, регулируется в зависимости от потребностей в электроэнергии, ниже по течению уровень реки в течение дня может меняться от почти полного пересыхания до паводковых отметок. Экологические нарушения вызываются и снижением количества биогенов, достигающих ее устья. Следовательно, любые предложения по строительству новых ГЭС. должны рассматриваться с учетом того, окупают ли доходы от электроэнергии экологический и социальный ущерб, наносимый созданием водохранилища.

Энергия ветра. Ветер представляет собой одну из форм преобразованной солнечной энергии, так как его причина — неравномерное нагревание атмосферы Солнцем. Наряду с энергией воды ветер также используется людьми с глубокой древности (ветряные мельницы). В настоящее время это современные машины, называемые ветротурбинами. Чем больше площадь лопастей ветротурбины, тем больше она позволяет получить энергии: значит, вдвое удлинив лопасти, можно в четыре раза увеличить выход энергии. Так, установка с размахом лопастей около 100 м, размещенных на башне высотой порядка 60 м, при оптимальной скорости ветра дает энергию 2,5 МВт, что достаточно для энергоснабжения около 2500 жилых домов. В большинстве регионов мира есть территории, где ветры дуют практически постоянно, что делает использование ветротурбин вполне рентабельным.

Геотермальная энергия. Поскольку в недрах Земли в результате распада природных радиоактивных веществ идет постоянное высвобождение энергии, внутренняя часть планеты представляет собой расплавленную горную породу, которая время от времени вырывается наружу в виде вулканических извержений и других загрязнителей, в частности соединений серы. Эти примеси вызывают быструю

коррозию турбин и другого оборудования, а выбрасываясь в итоге в окружающую среду, загрязняют воздух и воду.

Серосодержащие отходы геотермальных станций можно иногда сравнить по вредности с теми, что выделяют ТЭС, работающие на высокосернистом угле, а горячий рассол, спускаемый в реки, способен привести к экологической катастрофе. Наконец, число мест с геотермальными водами невелико и многие из них расположены далеко от потребителей энергии.

Энергия приливов и отливов. В приливах и отливах, сменяющих друг друга дважды в день, также заключена огромная энергия. Предложено множество интересных проектов использования этого экологически чистого и неиссякаемого источника. Самое простое из предложений заключается в постройке плотины с турбинами поперек устья морского залива. Вода, которая проходит во время прилива через отверстия в плотине, приводит турбины в движение, генерируя электроэнергию. При отливе наклон лопастей меняется на противоположный и генераторы продолжают работать без остановки. В настоящее время в мире функционируют две приливно-отливные электростанции — в нашей стране и во Франции. Выработка электроэнергии на таких установках рентабельна при амплитуде колебаний уровня воды не менее 6 м. На Земле есть около 15 мест, где амплитуда приливов и отливов достигает такой величины.

Но и у этого вида энергии есть недостатки экологического характера. Плотины вызовут существенную деградацию окружающей среды. Они станут задерживать наносы, мешать миграции морских организмов, нарушать сложившиеся механизмы циркуляции и перемешивания морских и пресных вод.

Итак, обзор различных альтернативных источников энергии показывает, что на пороге широкомасштабного промышленного внедрения находятся только три из них: ветротурбины, солнечные батареи и биогаз. Если добавить к этому энергосбережение, которому уделяется пристальное внимание в настоящее время во всем мире, в том числе в России, т.е. надежда на решение имеющихся энергетических проблем.

Ответьте на вопросы

1. Сформулируйте основные положения концепции безотходного производства.
2. Какие промышленные предприятия являются градообразующими в вашем регионе? Перечислите основные направления в совершенствовании малоотходных технологий для данных отраслей промышленности.
3. Какие источники энергии относятся к альтернативным? Знаете ли вы об использовании данных видов источников энергии в вашем регионе?
4. Перечислите вещества, относящиеся к биотопливу 2 поколения.

Выпишите положительные и отрицательные стороны использования ветро-, гелио- и приливной энергетики. Что сдерживает широкое внедрение альтернативных источников энергии? Свои выводы изложите в тетради.

Тема: Ресурсосберегающие производства

Добыча всех видов исчерпаемых ресурсов непрерывно возрастает. Подсчитано, что при сохранении современных темпов добычи полезных ископаемых большинство рудных ресурсов будет исчерпано за ближайшие 50–100 лет. По этой причине обеспечение ресурсами, которые не истощаются, – другая важнейшая проблема построения общества устойчивого развития. В основу ее решения будет положен принцип *ресурсосбережения*, то есть уменьшение расхода сырьевых ресурсов, используемых в промышленности, при сохранении или увеличении количества конечной продукции. Основными направлениями ресурсосбережения являются следующие.

Экономия ресурсов за счет совершенствования технологии. В настоящее время огромное количество, например, металла теряется потому, что уходит в стружку. Многие машины (экскаваторы, станки, тракторы) весят слишком много. Совершенствование технологии переработки металлов и уменьшение веса готовых изделий позволит намного сократить расход рудного сырья. Возможна экономия нефти при увеличении глубины нефтепереработки и повышении выхода светлых продуктов, в первую очередь – бензина. Если перевести все заводы на современные технологии нефтепереработки, то из двух тонн нефти можно будет получать бензин в том же количестве, в котором его сегодня получают из трех. Экономия воды возможна при внедрении оборотных систем водоснабжения.

Комплексное использование природных ресурсов. Одни и те же ресурсы могут использоваться несколькими отраслями хозяйства. Так, сократить расход щебенки для производства строительных материалов можно при ее замене на шлак и золу от тепловых электростанций (разумеется, при контроле за их возможной радиоактивностью). Попутный газ, теряемый при добыче нефти, может быть сырьем для химической промышленности. Из медных руд можно получать еще не менее 20 полезных элементов (серу, цинк, золото, серебро, молибден и т.д.).

Использование вторичных ресурсов, т.е. повторное использование отходов в качестве сырья или источника энергии с целью ресурсосбережения и энергосбережения. В обществе устойчивого развития основным видом сырья должно стать не первичное, а вторичное. Это обеспечит круговорот дефицитных сырьевых ресурсов (*рециклинг*), подобный тому, который происходит в естественных экосистемах. Возможны различные варианты реутилизации, начиная от многократного использования молочных бутылок и наваривания новых протекторов на автопокрышки и до, сложной переработки вторичных ресурсов – лома черных и цветных металлов, битого стекла, макулатуры и т.д. Использование вторичного сырья будет стимулироваться экономическими механизмами природопользования – увеличением стоимости первичных ресурсов.

Замена более дефицитных ресурсов на менее дефицитные. Этот вариант ресурсосбережения таит в себе большие возможности сохранения исчерпаемых ресурсов. К примеру, стекловолокном, которое производится из недефицитного сырья, заменяют дефицитную медь, пластиком – железо и алюминий.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность ресурсосберегающих технологий в промышленности?
2. Что означает «комплексное использование ресурсов»?
3. Какова роль вторичного сырья в современном производстве и как прогнозируется его роль в будущем?

Справочный материал

На большинстве наших заводов из нефти получается только 60% светлых нефтепродуктов (лишь отдельные установки дают до 80%), в ФРГ – 90%. Если перевести все заводы на современные технологии нефтепереработки, то из двух тонн нефти можно будет получать бензин в том же количестве, в котором его сегодня получают из трех.

В будущем планируется реутилизировать до 80% металла, 60–70% бумаги и пластиков.

Для переплавки металлолома в сталь требуется в 10 раз меньше энергии, чем для выплавки стали из руды и чугуна. Повторное использование стекла позволяет экономить энергию в 3 раза.

Можно реутилизировать 99,8% материалов, из которых сделан автомобиль.

20 кг макулатуры сохраняют одно крупное дерево, а 1 т макулатуры сберегает 0,5 га леса среднего возраста. Самый высокий процент переработки макулатуры – в Японии (50%), второе место занимает Швеция (40%), в Латинской Америке из вторичного сырья производится 32% бумаги, в США – 29%. В конце 80-х годов самый низкий показатель по переработке макулатуры был в Африке (17%) и в СССР (19%). В настоящее время для России этот показатель еще ниже.

На предприятиях цветной металлургии при извлечении 11 основных цветных металлов получают из того же сырья еще 60 элементов. Около 10% от общего производства меди, свинца, цинка и около 20% серной кислоты обеспечивается за счет путем попутного извлечения.

Спутник связи весом в 250 г позволяет сэкономить материалы для производства 150 тыс. т трансокеанского кабеля.

В крупных городах Японии, Китая и Южной Кореи все органические отходы превращаются в удобрения, что позволяет выращивать в пригородной зоне овощи, в количестве, достаточном для обеспечения горожан. В Калькутте на пищевых отходах города ежедневно выращивается 20 т рыбы.

В XXI веке планируется широкое использование минерального сырья, добываемого со дна океана. В США, Японии и ФРГ существуют специальные программы, которые финансируются правительствами. Ученые исследуют возможности добычи со дна океана полиметаллических конкреций, содержащих железо, марганец, кобальт и другие металлы, а также фосфоритов. Для России практический интерес представляют фосфаты на дне Японского моря, которые соответствуют требованиям, предъявляемым к фосфорным минеральным удобрениям. Однако кладовые на дне океана расположены на глубине 3000 м и более. По этой причине их использование потребует очень высоких затрат энергии и новых технологий.

Построение общества устойчивого развития – это реальный шанс для человечества сохраниться на планете. В этом обществе за счет экологизации образа жизни будут обеспечены нормальные условия ныне живущим и последующим поколениям. Для построения общества устойчивого развития человечеству необходимо решить ряд проблем:

добиться регулирования численности народонаселения, которая не должна превышать поддерживающую емкость планеты (10-12 млрд. человек). Это можно сделать за счет повышения уровня жизни и образования населения;

обеспечить продовольственную безопасность: производить достаточное количество продуктов питания для населения при сохранении сельскохозяйственных ресурсов. Этого можно достичь путем экологизации сельского хозяйства;

решить проблему обеспечения энергией за счет оптимального сочетания традиционных (в первую очередь угля и атомной энергии) и нетрадиционных (солнца, ветра и др.) источников энергии и энергосбережения;

избежать истощения ресурсов за счет широко использования вторичного сырья;
снизить уровень загрязнения окружающей среды за счет совершенствования
технологии производства;
сохранить биоразнообразие.

Тема: Рекуперация и утилизация твердых отходов

Природное вещество, вовлекаемое в сферу потребления человека, лишь в ограниченном числе случаев может быть использовано без переработки. Это относится к некоторым продуктам питания, древесине, самородным металлам. В большинстве случаев требуется специальная обработка или подготовка природного вещества, сопровождающаяся образованием побочных продуктов или отходов. При этом, как правило, чем больше энергии было приложено к природному веществу (механическое измельчение, термическая или химическая переработка), тем более токсичны для окружающей природной среды образующиеся отходы.

Все виды отходов, возникающие в результате деятельности человека, можно разделить на две большие группы: отходы производства и отходы потребления.

Отходы производства – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, образовавшиеся в технологическом процессе и полностью или частично утратившие свои потребительские свойства, а также побочные продукты физико-химической переработки сырья, получение которых не является целью технологического процесса.

Отходы потребления – различные изделия, комплектующие материалы, детали, которые по каким-либо причинам непригодны для дальнейшего использования. Этот вид отходов, в свою очередь, подразделяется на отходы промышленного потребления и быта.

Отходы промышленного потребления – это вышедшее из строя оборудование, металлолом, отработавшие свой временной ресурс (или морально устаревшие) изделия технического назначения из различных материалов.

Отходы быта – это в первую очередь пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения (обувь, одежда, мебель, макулатура), различного вида тара (деревянная, металлическая, стеклянная, бумажная, картонная).

Опасные отходы – отходы, содержащие в своем составе вещества, обладающие хотя бы одним из опасных свойств (токсичность, инфекционность, взрывоопасность, пожароопасность, высокая реакционная способность) и присутствующие в таком количестве и в таком виде, что представляют непосредственную опасность (как самостоятельно, так и при вступлении в контакт с другими веществами) для здоровья людей или сохранения окружающей среды.

Классификация отходов

Универсальной классификации отходов в настоящее время не существует. Наиболее

распространенные признаки, положенные в основу принятых классификаций:

- агрегатное состояние;
- стадии производственного цикла;
- отраслевой признак;
- химический состав основных компонентов;
- классы опасности;
- способ использования отходов в качестве вторичного сырья.

Возможные негативные последствия от поступления отходов в окружающую среду (ОС) определяют класс опасности отхода. В табл.2 приведены критерии отнесения отходов к классам опасности в соответствии с «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» Минприроды России.

При определении класса опасности отхода для ОС расчетным методом находится показатель его экологической опасности K , рассчитанный по соотношениям концентрации компонентов отхода с коэффициентами их экологической опасности W .

Для определения коэффициента экологической опасности отхода по каждому компоненту отхода, пользуясь справочными материалами, устанавливают уровни их экологической опасности для различных природных сред.

Основные положения, зависимости и расчетные формулы

Количество отходов, образующихся в процессе переработки или использования исходных материалов, может быть определено двумя методами.

Первый – метод материального баланса – используется для различных технологических процессов, учитывая их специфику, и отличается высокой точностью.

Второй метод основан на косвенных расчетах при помощи удельных показателей (нормативы образования отходов) по данным о потреблении сырья или выпуска продукции. На этом методе основаны, например, расчетные зависимости для определения количества загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферу при различных технологических процессах

Примеры расчёта

1. Класс опасности отхода

Пример 1. Определите класс опасности отхода.

Фермерское хозяйство дает 1 кг отходов, состоящих из смеси следующего состава: 200 г гербицида — препарат «Аспитокс» (действующее вещество – 4,6-динитро-2-фторбутилфенол) – и 400 г инсектофунгицида ДНЦ (действующее вещество 4,6-динитро-о-крезол), остальные компоненты представляют собой природные органические соединения ($X = 4$, $Wt = 106$).

Ход решения

Находим показатели опасности отходов:

Таблица 1

Препарат	LD_{50} , мг/кг	$LD^{кожи}_{50}$, мг/кг	ПДК _{р з} мг/м ³
«Аспитокс»	60 мг/кг	10 мг/кг	0,05 мг/м ³
Класс опасности	II	I	II
ДНЦ	47 мг/кг	500 мг/кг	0,05 мг/м ³
Класс опасности	II	II	II

Рассчитываем относительный параметр экологической опасности компонента отхода (X_i): X_i = сумма баллов/ число параметров.

Для препарата «Аспитокс»: $X_1 = 5 : 3 = 1,67$.

Для препарата ДНЦ: $X_2 = 6 : 3 = 2$.

Определяем показатель Z_i .

Для препарата «Аспитокс»: $Z_1 = (4 \cdot 1,67 : 3) - 1 : 3 = 1,894$.

Для препарата ДНЦ: $Z_2 = (4 \cdot 2 : 3) - 1 : 3 = 2,334$.

Рассчитываем коэффициент W_i .

Для препарата «Аспитокс» ($Z_1 < 2$): $\lg W_1 = 4 - 4 : 1,894 = 1,984$.

Для препарата ДНЦ ($2 < Z_2 < 4$): $\lg W_2 = 2,334$.

Отсюда $W_1 = 96,38$; $W_2 = 215,77$.

Определяем показатель экологической опасности отхода:

$K = (200\ 000 : 96,38) + (400\ 000 : 215,77) = 3928,9$.

По табл.2 определяем: так как $104 < K < 103$, то отход относится ко II классу опасности.

Ответ: отход относится ко II классу опасности.

Определение класса опасности отхода

Класс опасности отхода	Показатель экологической опасности отхода
I	$10^6 < K < 10^4$
II	$10^4 < K < 10^3$
III	$10^3 < K < 10^2$
IV	$10^2 < K < 10$
V	$K < 10$

Пример 2. Определите класс опасности отхода.

Отход производства, состоящий на 93 % из глинозема Al_2O_3 и кремнезема SiO_2 , содержит 500 мг/кг меди и 300 мг/кг марганца.

Ход решения

По прил. 8 определяем: для меди $W1 = 358,9$, для марганца $W2 = 537,0$.

Рассчитываем показатель экологической опасности:

$$K = (500 : 358,9) + (300 : 537) = 1,948.$$

По табл.2 определяем: так как $K < 10$, то отход относится к V классу опасности.

Ответ: отход относится к V классу опасности.

2. Захоронение отходов

Пример 3. На предприятии годовой объем полимерных отходов составляет 11 тыс. т, из которых вторично используется 2,5 тыс. т. Неиспользуемые отходы подлежат размещению (захоронению) на полигонах общегородского назначения.

Первый полигон расположен на расстоянии менее 3 км от города, специально обустроен и обеспечивает защиту атмосферы и водных источников. Экономическая оценка занимаемой земли под первый полигон 31

$$1 = 250 \text{ тыс. руб./га.}$$

Второй полигон расположен на расстоянии более 3 км от города, представляет собой выделенное местной администрацией временное место складирования отходов (свалку). Экономическая оценка занимаемой земли под второй полигон 32

$$1 = 120 \text{ тыс. руб./га.}$$

Для обоих полигонов считаются одинаковыми:

- удельные затраты на захоронение 1т отходов $k1 = 20,0$ руб./т;
- затраты на рекультивацию земли $32 = 71000$ руб./га;
- площадь для захоронения 1т отходов $S = 0,18 \cdot 10^{-4}$, га;
- показатель относительной опасности отходов $K = 2$.

Расстояние перевозки отходов на второй полигон на $L = 12$ км больше, стоимость перевозки составляет $d = 3,0$ руб./т·км.

Расчеты проводить с точностью до 0,1 (10 коп.).

Определить более выгодный вариант захоронения, т. е. рассчитать:

1. платежи за размещение отходов для двух полигонов;
2. увеличение стоимости транспортировки для второго полигона;
3. общую разницу расходов по захоронениям на первом и втором полигонах.

Ход решения

1. Объем неиспользуемых, подлежащих захоронению отходов (т):

$$Q = N - n = 11000 - 2500 = 8500.$$

2. Определим размер платы для первого полигона.

Затраты, связанные с использованием земли (руб./т), составят:

$$k_2 = (31 + 32) \cdot S = (250000 + 71000) \cdot 0,18 \cdot 10^{-4} = 5,778 = 5,8.$$

Норматив платы за размещение 1 т отходов на полигоне (руб./т),

$$p = k_1 + k_2 = 20 + 5,8 = 25,8.$$

Полный норматив платы за размещение 1 т отходов (руб./т),

$$P = p \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot K = 25,8 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 2 = 154,8.$$

Размер платы предприятия за размещение отходов на первом полигоне составит (руб.):

$$П_1 = P \cdot Q = 154,8 \cdot 8500 = 1315800 = 1315,8 \text{ тыс. руб.}$$

Определим размер платы для второго полигона.

Затраты, связанные с использованием земли (руб./т), составят:

$$k_2 = (31 + 32) \cdot S = (120000 + 71000) \cdot 0,18 \cdot 10^{-4} = 3,438 = 3,4.$$

Норматив платы за размещение 1 т отходов на полигоне (руб./т),

$$p = k_1 + k_2 = 20 + 3,4 = 23,4.$$

Полный норматив платы за размещение 1 т отходов (руб./т),

$$P = p \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot K = 23,4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2 = 93,6.$$

Размер платы предприятия за размещение отходов на первом полигоне составит (руб.):

$$П_2 = P \cdot Q = 93,6 \cdot 8500 = 795600 = 795,6 \text{ тыс. руб.}$$

3. Увеличение транспортных издержек Z_m (руб.) при захоронении отходов на дальнем полигоне составит:

$$Z_m = L \cdot d \cdot Q = 12 \cdot 3 \cdot 8500 = 306000 = 306 \text{ тыс. руб.}$$

4. Разница расходов по захоронениям на полигонах будет

$$П_1 - П_2 - Z_m = 1315,8 - 795,6 - 306 = 214,2 \text{ тыс. руб.}$$

Ответ: 1) платежи за размещение отходов на первом полигоне $П_1 = 1315,8$ тыс. руб., на втором полигоне $П_2 = 795,6$ тыс.руб.;

2) увеличение стоимости транспортировки для второго полигона на 306 тыс. руб.;

3) разница расходов по захоронениям на первом и втором полигонах показала, что более выгодно захоронение отходов на втором полигоне.

3. Отходы, образующиеся в процессе эксплуатации

Пример 4. Предприятие, эксплуатирующее легковые автомобили, располагает собственным сварочным производством, имеются посты для проведения ТО и ТР, в административном корпусе имеется столовая для сотрудников.

В помещениях предприятия для освещения используются трубчатые люминесцентные лампы типа ЛБ-40, количество которых $N_1 = 359$, шт., а среднее время их использования в сутки $t_1 = 8$ ч. Помещения освещаются только в рабочие дни $T_1 = 305$ дн.

На открытых территориях (стоянки, проезды и т.д.) используются ртутные лампы для наружного освещения типа ДРЛ, количество которых $N_2 = 40$ шт., а среднее время их использования в сутки $t_2 = 4,5$ ч. Наружное освещение включается ежедневно $T_2 = 365$ дн.

Годовой расход бензина всеми автомобилями предприятия

$Q = 73$ т/год. Расход сварочных электродов составляет $W = 1370$ кг/год. Ежедневно питаются в столовой $Z = 125$ чел.

Расчеты производить с точностью до 0,01.

Определить нормативы образования отходов:

1. первого класса опасности (люминесцентные лампы ЛБ-40 и ртутные лампы ДРЛ);
2. второго класса опасности (отработавшие моторные и трансмиссионные масла);
3. четвертого класса опасности (огарки сварочных электродов);
4. бытовые отходы (пищевые отходы столовой).

Ход решения

1. Количество отходов люминесцентных ламп ЛБ-40 (кг):

$$M_{\text{ЛБ-40}} = \frac{N_i \cdot t_i \cdot T_i \cdot q_i}{c_i} = \frac{359 \cdot 8 \cdot 305 \cdot 0,3}{13500} = 19,47.$$

Количество отходов люминесцентных ламп ДРЛ (кг):

$$M_{\text{ДРЛ}} = \frac{N_i \cdot t_i \cdot T_i \cdot q_i}{c_i} = \frac{40 \cdot 4,5 \cdot 365 \cdot 0,3}{12000} = 2,74.$$

2. Количество собираемого отработанного моторного масла от легкового автотранспорта (кг):

$$W_m = \frac{Q \cdot w_i \cdot p_i \cdot z_i}{100 \cdot q} = \frac{73000 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,25}{100 \cdot 0,74} = 399,53.$$

Количество собираемого отработанного трансмиссионного масла от легкового автотранспорта (кг):

$$W_m = \frac{Q \cdot w_i \cdot p_i \cdot z_i}{100 \cdot q} = \frac{73000 \cdot 0,2 \cdot 0,91 \cdot 0,3}{100 \cdot 0,74} = 53,86.$$

3. Количество образующихся за год огарков электродов (кг)

$$O = (G \cdot n) / 100 = (1370 \cdot 15) / 100 = 205,5.$$

4. Количество пищевых отходов столовой, образующихся за год, составит (кг):

$$P = Z \cdot k = 125 \cdot 35 = 4375.$$

Ответ: 1) количество отходов люминесцентных ламп ЛБ-40 – 19,47 кг, ртутных ламп ДРЛ – 2,74 кг;

2) количество отходов отработавшего моторного масла – 399,54 кг, трансмиссионного масла – 53,86 кг;

3) количество образующихся за год огарков электродов – 205,5 кг/год;

4) количество пищевых отходов столовой – 4374 кг/год.

Пример 5. Определить количество твердых отходов при производстве стационарных поршневых двигателей массой брутто $n_{бр} = 2000$ кг и годовом выпуске $m = 1300$ ед. При этом доли отдельных видов деталей составляют в процентах от общего веса двигателя:

- чугунные детали, представляющие литье средних размеров, – 48 %;
- стальные детали, представляющие мелкое литье, – 10 %;
- пластмассовые и резиновые детали – 0,8 %;
- холодная штамповка мелких стальных деталей – 1,2 %;
- алюминиевое точное литье – 4 %;
- бронзовые и медные детали из сортового материала – 1 %;
- стальные детали из сортового материала – 2 %;
- деревянная тара – 8,5 %;
- комплектующие изделия – остальное.

Значение коэффициентов использования материалов принимать максимальным из рекомендуемых значений.

Расчеты проводить с точностью до 1-го грамма (0,001 кг).

Ход решения

Формулы и дополнительные данные для задачи см. прил. 1.

1. Масса отдельных деталей из однородного вида материала в изделии (единице продукции), кг:

$$nч = (W \cdot \delta)/100 = (2000 \cdot 48)/100 = 960,$$

$$nот.ст. = (2000 \cdot 10)/100 = 200,$$

$$nшт.ст. = (2000 \cdot 1,2)/100 = 24,$$

$$нал. = (2000 \cdot 4)/100 = 80,$$

$$нбр.мд. = (2000 \cdot 1)/100 = 20,$$

$$нст. = (2000 \cdot 2)/100 = 40,$$

$$нпл.р. = (2000 \cdot 0,8)/100 = 16,$$

$$ндр.т. = (2000 \cdot 8,5)/100 = 170,$$

$$нкомп. = (2000 \cdot 24,5)/100 = 490.$$

2. Масса отходов (кг) на конкретной технологической операции для отдельных деталей или групп деталей из однородного материала

$$N_{ч.мех} = n_i \cdot \left(\frac{1}{M_{ij}} - 1 \right) = 960 \cdot \left(\frac{1}{0,98} - 1 \right) = 19,59,$$

$$N_{от.ст.мех} = 200 \cdot \left(\frac{1}{0,8} - 1 \right) = 50,$$

$$N_{шт.ст.мех} = 24 \cdot \left(\frac{1}{0,9} - 1 \right) = 2,67,$$

$$N_{ал.мех} = 80 \cdot \left(\frac{1}{0,99} - 1 \right) = 0,81,$$

$$N_{бр.мд.мех} = 20 \cdot \left(\frac{1}{0,7} - 1 \right) = 8,57,$$

$$N_{ст.мех} = 40 \cdot \left(\frac{1}{0,7} - 1 \right) = 17,14.$$

3. Масса заготовки отдельных деталей(кг):

$$n_{ч.заг} = n_i + N_i$$

$$n_{мех} = 960 + 19,59 = 979,59,$$

$$n_{от.ст.заг} = 200 + 50 = 250,$$

$$n_{шт.ст.заг} = 24 + 2,67 = 26,67,$$

$$n_{ал.заг} = 80 + 0,81 = 80,81,$$

$$n_{бр.мд.заг} = 20 + 8,57 = 28,57,$$

$$n_{ст.заг} = 40 + 17,14 = 47,14.$$

4. Отходы при заготовительных операциях $N_{iЗаг}$.

$$N_{ч.зак} = n_i \cdot \left(\frac{1}{M_{ij}} - 1 \right) = 979,59 \cdot \left(\frac{1}{0,87} - 1 \right) = 146,38,$$

$$N_{от.см.зак} = 250 \cdot \left(\frac{1}{0,59} - 1 \right) = 173,73,$$

$$N_{шт.см.зак} = 26,67 \cdot \left(\frac{1}{0,84} - 1 \right) = 5,08,$$

$$N_{ал.зак} = 80,81 \cdot \left(\frac{1}{0,95} - 1 \right) = 4,25,$$

$$N_{бр.мд.зак} = 28,57 \cdot \left(\frac{1}{0,97} - 1 \right) = 0,88,$$

$$N_{см.зак} = 47,14 \cdot \left(\frac{1}{0,97} - 1 \right) = 1,46,$$

$$N_{пл.р.зак} = 16 \cdot \left(\frac{1}{0,67} - 1 \right) = 7,88,$$

$$N_{др.т.зак} = 170 \cdot \left(\frac{1}{0,73} - 1 \right) = 62,088,$$

5. Количество отходов при изготовлении одного изделия (кг):

$$N_{ч.Σ} = (N_{Мех}^i + N_{Зар}^i) = 19,59 + 146,38 = 165,97,$$

$$N_{от.см.Σ} = 50 + 173,73 = 223,73,$$

$$N_{шт.см.Σ} = 2,67 + 5,08 = 7,75,$$

$$N_{ал.Σ} = 0,81 + 4,25 = 5,06,$$

$$N_{бр.мд.Σ} = 8,57 + 0,88 = 9,45,$$

$$N_{см.Σ} = 17,14 + 1,46 = 18,6.$$

6. Суммарно количество всех видов отходов за год работы производства (кг):

$$N_{Σ} = \sum_1^k N_{Σ}^i \cdot m = (165,97 + 223,73 + 7,75 + 5,06 + 9,45 + 18,6 + 7,88 + 62,88) \cdot 1300 = 651716 = 615,72 \text{ т.}$$

Ответ: количество образовавшихся твердых отходов при производстве стационарных поршневых двигателей 615,72 т.

Задача 1. Определить класс опасности отхода.

Отход производства красителей состоит из смеси порошков *n*-бензохинона и α-нафтохина в соотношении 1:3. Общая масса отхода 12 кг, из них 4 кг представляют собой практически неопасные вещества ($X_i = 4$, $W_i = 106$).

Известно, что для *n*-бензохинона $LD50 = 250$ мг/кг, ПДКр.з = 0,05 мг/м³, а для α -нафтохина $LD50 = 190$ мг/кг, ПДКр.з = 0,05 мг/м³.

Задача 2. Определить класс опасности отхода.

Отход сельскохозяйственного предприятия состоит из смеси гранул гербицидов диквата (600

мг/кг) и параквата дихлорида (800 мг/кг). Для диквата: $LD50 = 79,8$ мг/кг, $LC50 = 38$ мг/м³, ПДКр.з. = 0,2

мг/м³. Для параквата дихлорида: $LD50 = 30$ мг/кг, $LC50 = 4$ мг/м³, $LD_{кожи} 50 = 4,5$ мг/кг, ПДКр.з. = 0,2 мг/м³.

Задача 3. На предприятии годовой объем полимерных отходов составляет N , т, из которых вторично используется n , т. Неиспользуемые отходы подлежат размещению (захоронению) на полигонах общегородского назначения. Имеется два полигона с различными характеристиками обустройства складирования и местоположением.

Первый полигон расположен на расстоянии менее 3 км от города, специально обустроен и обеспечивает защиту атмосферы и водных источников. Экономическая оценка занимаемой земли под первый полигон 31 1, руб./га.

Второй полигон расположен на расстоянии более 3 км от города, представляет собой выделенное местной администрацией временное место складирования отходов (свалку). Экономическая оценка занимаемой земли под второй полигон 32 1, руб./га.

Для обоих полигонов считаются одинаковыми:

обоих полигонов считаются одинаковыми:

- удельные затраты на захоронение 1т отходов $k_1 = 20,0$ руб./т;
- затраты на рекультивацию земли $3_2 = 71000$ руб./га;
- площадь для захоронения 1т отходов $S = 0,18 \cdot 10^{-4}$, га;
- показатель относительной опасности отходов $K = 2$.

Расстояние перевозки отходов на второй полигон на L (км) больше, стоимость перевозки составляет $d = 2,0$ (можно считать вариант с $d = 3,0$) руб./т·км.

Выбрать более выгодный вариант захоронения (рассчитать платежи за размещение отходов по вариантам и увеличение стоимости транспортировки по второму варианту и определить общую разницу расходов по вариантам).

Расчеты проводить с точностью до 0,1 (10 коп.).

Таблица 3

Вариант	N , т	n , т	L , км	$З$	$З_2$
				руб./га	руб./га
1	20000	10000	10	220000	200000
2	18000	6000	30	200000	180000
3	16000	7000	7	180000	170000
4	14000	3000	35	240000	160000
5	12000	8000	15	250000	190000
6	10000	2500	40	300000	210000
7	11000	3000	12	280000	130000
8	13000	6500	38	270000	190000
9	15000	10000	5	260000	185000
10	17000	10000	35	190000	155000
11	19000	10500	17	210000	205000

12	20000	14000	10	230000	115000
13	18000	13000	30	290000	125000
14	16000	10500	7	285000	135000
15	14000	7000	35	275000	145000
16	12000	3500	15	265000	195000
17	10000	4000	40	255000	195000
18	11000	4500	12	205000	200000
19	13000	5500	38	215000	120000
20	15000	5500	5	225000	100000

Задача 4. Предприятие, эксплуатирующее легковые автомобили (имеются посты для проведения ТО и ТР), располагает также собственным сварочным производством. В административном корпусе имеется столовая для сотрудников.

В помещениях предприятия для освещения используются трубчатые люминесцентные лампы типа ЛБ- 40, количество которых N_1 , шт., а среднее время их использования в сутки t_1 , ч. Помещения освещаются только в рабочие дни.

На открытых территориях (стоянки, проезды и т.д.) используются ртутные лампы для наружного освещения типа ДРЛ, количество которых N_2 , шт., а среднее время их использования в сутки t_2 , ч.

Наружное освещение включается ежедневно.

Годовой расход бензина всеми автомобилями предприятия Q , т. Расход сварочных электродов составляет W , кг/год. Ежедневно питаются в столовой Z , чел.

Рассчитать нормативы образования отходов:

- первого класса опасности (люминесцентные лампы ЛБ-40 и ртутные лампы ДРЛ);
- второго класса опасности (отработавшие моторные и трансмиссионные масла);
- четвертого класса опасности (огарки сварочных электродов);
- бытовые отходы (пищевые отходы столовой).

Расчеты производить с точностью до 0,01.

Таблица 4

Вариант	N_1 , шт.	t_1 , ч/сут	N_2 , шт.	t_2 , ч/сут	Q , т/год	W , кг/год	Z , чел.
1	533	7	51	6,0	98	1430	120
2	325	8	34	4,5	88	1345	80
3	446	9	41	5,0	78	880	90
4	478	6	35	5,5	67	790	95
5	269	8	30	6,0	57	1125	85
6	390	7	40	6,5	59	1260	100
7	490	9	32	6,0	104	1370	105
8	522	6	21	4,5	86	1490	110
9	223	7	55	5,0	80	1266	130
10	278	8	33	5,5	75	1400	125

Вари-ант	N_1 , шт.	t_1 , ч/сут	N_2 , шт.	t_2 , ч/сут	Q , т/год	W , кг/год	Z , чел.
1	533	7	51	6,0	98	1430	120
2	325	8	34	4,5	88	1345	80
3	446	9	41	5,0	78	880	90
4	478	6	35	5,5	67	790	95
5	269	8	30	6,0	57	1125	85
6	390	7	40	6,5	59	1260	100
7	490	9	32	6,0	104	1370	105
8	522	6	21	4,5	86	1490	110
9	223	7	55	5,0	80	1266	130
10	278	8	33	5,5	75	1400	125

11	411	9	21	6,0	90	1430	120
12	455	6	31	6,5	97	1345	80
13	433	8	24	6,0	96	880	90
14	566	7	26	4,5	94	790	95
15	512	9	36	5,0	98	1125	85
16	521	6	22	5,5	88	1260	100
17	488	7	32	6,0	78	1370	105
18	344	8	33	6,5	67	1490	110
19	444	9	43	6,0	57	1266	130
20	531	6	36	4,5	59	1400	125

Задача 5. Определить количество твердых отходов при производстве стационарных поршневых двигателей массой брутто m бр, кг, и годовом выпуске t , ед. При этом доли отдельных видов деталей составляют в процентах от общего веса двигателя:

- чугунные детали, представляющие литье средних размеров, – X %;
- стальные детали, представляющие мелкое литье, – Y %;
- пластмассовые и резиновые детали – 0,8 %;
- холодная штамповка мелких стальных деталей – 1,2 %;
- алюминиевое точное литье – Z %;
- бронзовые и медные детали из сортового материала – 1 %;
- стальные детали из сортового материала – 2 %;
- деревянная тара – 8,5 %;
- комплектующие изделия – остальное.

Значение коэффициентов использования материалов принимать максимальным из рекомендуемых значений. Расчеты проводить с точностью до 1-го грамма (0,001 кг).

Таблица 5

Вариант	Масса брутто, кг	Годовой выпуск, ед.	X, %	Y, %	Z, %
1	2	3	4	5	6
1	2450	1600	48	15	5
2	2200	1550	50	14	4
3	1870	1450	52	13	3
4	1980	1400	54	12	2
5	1990	2200	56	11	3
6	1678	2100	58	10	4
7	2350	2000	49	9	5
8	2330	1950	51	8	5

9	2167	1900	53	9	4
10	2188	1800	55	9	3
11	2444	1750	57	8	2
12	2540	1700	56	10	2
13	2490	1650	55	11	3
14	2670	1300	50	12	4
15	2688	1600	50	12	5
16	2433	1550	55	13	4

9	2167	1900	53	9	4
10	2188	1800	55	9	3
11	2444	1750	57	8	2
12	2540	1700	56	10	2
13	2490	1650	55	11	3
14	2670	1300	50	12	4
15	2688	1600	50	12	5
16	2433	1550	55	13	4

1	2	3	4	5	6
17	2564	1450	56	14	3
18	2005	1400	57	15	2
19	2012	2200	55	14	3
20	2490	2100	53	13	4

Перечень учебных изданий, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Саенко О.Е., Трушина Т.П. Экологические основы природопользования. Учебник/ О.Е. Саенко, Т.П. Трушина.- М.: КНОРУС, 2017.-214 с.
2. Арустамов Э.А., Левакова И.В., Баркалова Н.В. Экологические основы природопользования. Учебник/ Рук.авт.колл. Э.А. Арустамов.- М.: Издательско- торговая компания «Дашков и К*», 2008.- 320 с.

Дополнительные источники:

- Константинов, В.М. Экологические основы природопользования : учебное пособие / В.М. Константинов, Ю.Б. Челидзе. – М. : Академия, 2008. – 208 с.

Масса отходов (кг) i -го вида материала, применяемого при изготовлении машины (механизма), на конкретной технологической операции для отдельных деталей или групп деталей из однородного материала определяется по формуле

$$N_i = n_i \cdot \left(\frac{1}{M_{ij}} - 1 \right),$$

где n_i – масса отдельных деталей или групп деталей из однородного (i -го вида) материала в изделии (единице продукции), кг;

M_{ij} – средневзвешенный коэффициент использования i -го вида материала (сырья) на конкретной (j -й) технологической операции.

Масса отдельных деталей или групп деталей из однородного (i -го вида) материала в изделии (единице продукции), кг:

$$n_i = (W \cdot \delta) / 100,$$

где W – масса брутто изделия, кг;

δ – доля от общего веса изделия отдельных деталей или групп деталей из однородного материала, %.

Вначале определяют массу отходов при механической обработке отдельных деталей или групп деталей из однородного (i -го вида) материала $N_{i \text{ мех}}$. При этом значение коэффициента использования материалов при механической обработке заготовок $M_{i \text{ мех}}$:

- для отливок из чугуна 0,85...0,98;
- для отливок из стали 0,75...0,8;
- для штамповки из стали 0,8...0,9;
- для алюминиевого точного литья 0,95...0,99;
- для сортового материала из цветных металлов 0,65...0,7;
- для сортового материала из стали 0,6...0,7.

Затем определяют массу заготовки отдельных деталей или групп деталей из однородного (i -го вида) материала (кг):

$$N_{заг} = n_i + N_{i \text{ мех}}$$

Используя полученные значения рассчитывают отходы при заготовительных операциях $N_{заг}$. При этом значения коэффициента использования материалов при заготовительных операциях $M_{i \text{ заг}}$ для заготовок

деталей, получаемых различными методами:

- чугунные заготовки, представляющие литье средних размеров, – 0,84...0,87;
- стальные заготовки, представляющие мелкое литье, – 0,5...0,59;
- пластмассовые и резиновые заготовки – 0,59...0,67;
- холодная штамповка мелких стальных деталей – 0,77...0,84;
- алюминиевое точное литье – 0,91...0,95;
- бронзовые и медные заготовки из сортового материала – 0,95...0,97;
- стальные заготовки из сортового материала – 0,95...0,97;
- пиломатериалы для изготовления тары – 0,65...0,73.

Количество отходов при изготовлении одного изделия (единицы продукции) для отдельных деталей или групп деталей из однородного (i -го вида) материала (кг):

$$N_{\Sigma}^{\#} = (N_{\text{мех}}^{\#} + N_{\text{заг}}^{\#}),$$

Суммарно количество всех видов отходов за год работы производства (кг):

$$N_{\Sigma} = \sum_1^k N_{\Sigma}^i \cdot m,$$

где m – количество машин (продукции), выпускаемых за год, ед.

k – количество деталей или групп деталей из однородных видов материала.

Правильность решения проверяется по значениям рассчитываемых параметров и промежуточных результатов расчетов: $N_{\Sigma}, N_{\Sigma}^{\#}, N_{\text{заг}}^{\#}$.