

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«Витебский государственный технологический университет»

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ДЛЯ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1-26 02 02 «МЕНЕДЖМЕНТ»
ДНЕВНОЙ И ЗАОЧНОЙ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ**

Витебск
2010

УДК 502.3

Основы экологии и энергосбережения : методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 1-26 02 02 «Менеджмент» дневной и заочной форм обучения.

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО ВГТУ, 2010.

Составители: доцент, к.т.н. Гречаников А.В.
доцент, к.т.н. Тимонова Е.Т.
доцент, к.т.н. Тимонов И.А.

В методических указаниях содержатся теоретические сведения и справочно-информационные материалы, необходимые для решения практических задач охраны окружающей среды и энергосбережения. Это дает возможность студентам ознакомиться с методами нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов, расчета приземных концентраций вредных веществ при выбросе их в атмосферу, различных видов ущербов от загрязнения окружающей среды, экономической эффективности энергосберегающих мероприятий, определения категории опасности предприятия.

Одобрено кафедрой «Охрана труда и промэкология» УО «ВГТУ».
«02» марта 2010 г., протокол № 8

Рецензент: профессор, д.т.н. С.Г. Ковчур
Редактор: доцент, к.т.н. В.Н. Потоцкий

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «___» _____ 2010 г.

Ответственный за выпуск: А.А. Трутнев

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ Формат _____ Уч.-изд. лист _____
Печать ризографическая. Тираж _____ экз. Заказ _____ Цена _____

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2004 г.

210035, Витебск, Московский пр-т, 72.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1	4
Расчет приземных концентраций в зоне выброса загрязняющих веществ	4
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2	13
Определение категории опасности предприятия	13
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3	21
Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха	21
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4	30
Расчет экономического ущерба от загрязнения земель	30
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5	37
Расчет экономии энергии от замены светильников в цехе	37
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6	47
Расчет экономии условного топлива при сокращении тепловых потерь в здании	47
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7	54
Расчет экономии условного топлива при децентрализации системы теплоснабжения	54
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8	59
Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов	59
ЛИТЕРАТУРА	63

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ В ЗОНЕ ВЫБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Особенно остро проблема загрязнения атмосферы стала во второй половине XX века в связи с чрезвычайно высокими темпами роста промышленного производства, выработки и потребления электроэнергии, выпуска и использования в большом количестве транспортных средств. Наиболее распространенными веществами, загрязняющими воздушную среду, являются:

- угарный газ CO;
- сернистый ангидрид SO₂;
- окислы азота NO_x;
- углеводороды C_nH_m;
- пыль органического и неорганического происхождения.

Примерный относительный состав веществ в атмосфере промышленных городов: CO – 45 %, SO₂ – 18 %, C_nH_m – 15 %, пыль – 12 %, NO_x – 10 %.

Содержание примесей в воздухе нормируется отдельно для рабочей зоны и для населенных мест. Для населенных мест устанавливаются два вида предельно допустимых концентраций: максимальная разовая (ПДК_{м.р.}) и среднесуточная (ПДК_{с.с.}).

ПДК_{м.р.} максимальная разовая (мг/м³) – максимальная концентрация вещества в воздухе населенных мест, которая при вдыхании в течение 20 мин не вызывает рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК_{с.с.} среднесуточная (мг/м³) – максимальная концентрация вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

В крупных промышленных центрах, где сосредоточено много предприятий, соблюдение лишь нормативов ПДК недостаточно для сохранения качества воздуха. Поэтому в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 для каждого действующего или проектируемого источника загрязнения устанавливаются предельно-допустимые выбросы (ПДВ) вредных веществ в атмосферу.

ПДВ (г/с) – научно-технический норматив, который устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы таким образом, чтобы выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников объекта, города и другого населенного пункта с учетом перспектив развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в

атмосфере не создавали приземную концентрацию, превышающую их ПДК в населенных пунктах.

Существует ряд мероприятий, направленных на уменьшение загрязнения воздушной среды в приземном слое и атмосферы в целом. Среди них выделяют:

- технологические мероприятия;
- контрольно-запретительные мероприятия;
- санитарно-технические мероприятия;
- архитектурно-планировочные мероприятия;
- рассеивание веществ в верхних слоях атмосферы путем отведения выбросов на большую высоту.

В современных условиях не все виды производств работают по безотходной технологии, и не для всех выбросов загрязняющих веществ разработаны рентабельные способы очистки. Поэтому для уменьшения воздействия вредного вещества на население выбросы отводят на большую высоту. При этом загрязняющие вещества рассеиваются и их концентрации в приземном слое снижаются до предельно допустимых. На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают: состояние атмосферы, расположение предприятий и источников выбросов, характер выбросов, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ и т.д. Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью ветра, вертикальное – распределением температур в вертикальном направлении. Схемы распространения факела выброса изображены на рисунке 1.

Для решения практических задач охраны окружающей среды нередко требуется знать концентрации загрязняющих веществ, создаваемые источником выброса в заданной точке местности. Расчет рассеивания и определение приземных концентраций производится в соответствии с методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий «ОНД-86».

Основой для выполнения расчета являются следующие положения:

- на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере влияют метеорологические параметры: скорость и направление ветра, температурная стратификация атмосферы, температура атмосферного воздуха;

- максимальная приземная концентрация от данного источника загрязнения, возникающая при неблагоприятных метеорологических условиях (при опасных скорости и направлении ветра, высокой температуре атмосферы и ее безветренном состоянии), не должна превышать ПДК за границей санитарно-защитной зоны;

- приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от параметров источника выброса и состава пылегазовоздушной смеси.

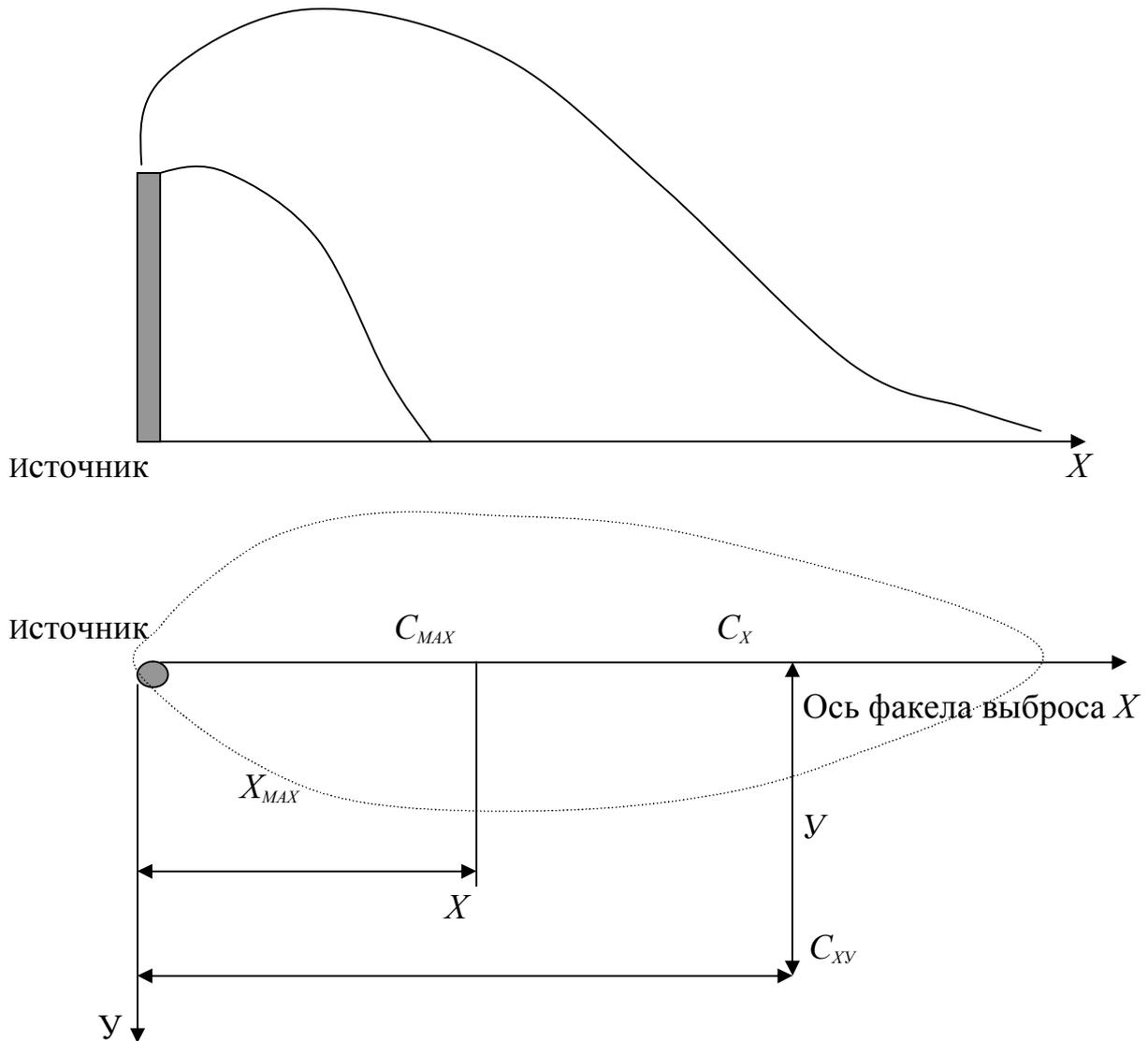


Рисунок 1.1 – Распространение факела выброса от источника загрязнения атмосферы

Максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосфере от одиночного точечного источника выброса круглого сечения, выбрасывающего нагретую пылегазовоздушную смесь, рассчитывается по формуле

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot h}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1.1)$$

где C_{\max} – максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ, мг/м³;

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (условий вертикального и горизонтального рассеивания)

примеси в атмосфере). Для условий Республики Беларусь значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным 160;

H – высота источника выброса от земли, м;

M – масса загрязняющего вещества, выбрасываемого из источника в единицу времени, мг/с;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосфере и зависящий от состояния загрязняющих веществ и эффективности пылеулавливания. Для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) $F=1$; для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных выше) при коэффициенте очистки не менее 90% $F=2,0$; от 75 до 90% $F=2,5$; менее 75% $F=3$;

h – коэффициент, учитывающий влияние аэродинамических нарушений. Для одиночного источника при отсутствии рядом стоящих препятствий (высоких зданий, сооружений) $h = 1$;

V_1 – объемный расход выбрасываемой пылегазовоздушной смеси, м³/с;

ΔT – перепад температур, °С.

Объемный расход выбрасываемой пылегазовоздушной смеси определяется по формуле

$$V_1 = \frac{p \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (1.2)$$

где ω_0 – скорость выхода газовой смеси из источника выброса (трубы), м/с;

D – диаметр источника выброса, м.

Перепад температур ΔT определяется по формуле

$$\Delta T = T_c - T_g, \quad (1.3)$$

где T_g – температура газовой смеси, °С;

$T_{в}$ – температура атмосферного воздуха, принимаемая для района расположения предприятия в 13 часов самого жаркого месяца года, °С.

Условия метеорологического рассеяния газовой смеси, выбрасываемой предприятием, в атмосфере в значительной степени зависят от того, являются ли выбросы «холодными» или «нагретыми». Критерием нагретости является вспомогательный фактор « f », определяемый по формуле

$$f = \frac{10^3 w_0^2 D}{H^2 \Delta T}. \quad (1.4)$$

При $f < 100$ – выбросы считаются «нагретыми», а при $f \geq 100$ – выбросы считаются «холодными».

Безразмерные коэффициенты m и n учитывают условия выброса пылевоздушной смеси из устья источника.

Коэффициент m зависит от параметра f :

– при $f < 100$ параметр m определяется по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}; \quad (1.5)$$

– при $f \geq 100$ параметр m определяется по формуле

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}. \quad (1.6)$$

Коэффициент n , зависит от вспомогательного параметра u_m , который определяется по формуле

$$u_m = 0,65 \cdot \sqrt{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (1.7)$$

u_m	Коэффициент n
$u_m < 0,5$	$n = 4,4 \cdot u_m$
$0,5 \leq u_m < 2$	$n = 0,532 \cdot u_m^2 - 2,13 \cdot u_m + 3,13$
$u_m \geq 2$	$n = 1$

Таким образом определены промежуточные значения всех необходимых параметров для расчета максимальной приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере от одиночного точечного источника выброса по формуле 1.1.

Опасность загрязнения атмосферы оценивается показателем j , определяемым по формуле

$$j = \frac{C_{\max}}{ПДК_{М.Р.}}. \quad (1.8)$$

Если $j > 1$, то загрязнение опасно и необходимо рассчитывать опасность загрязнения в точке с заданными координатами X и Y .

В этом случае расчет ведется следующим образом.

Расстояние от источника выброса до точки с максимальной приземной концентрацией:

$$X_{\max} = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (1.9)$$

где H – высота источника выброса, м.

Параметр d определяется следующим образом:

u_m	d	
	при $f \leq 100$	при $f > 100$ или $\Delta T \gg 0$
$u_m \leq 0,5$	$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$	5,7
$0,5 < u_m \leq 2$	$d = 4,95 \cdot u_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$	$11,4 \cdot u_m$
$u_m > 2$	$d = 7 \cdot \sqrt{u_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$	$16 \cdot \sqrt{u_m}$

Величина опасной скорости ветра u_{\max} , при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредного вещества C_{\max} , также зависит от параметра u_m :

u_m	u_{\max} , м/с
$u_m \leq 0,5$	$u_{\max} = 0,5$
$0,5 < u_m \leq 2$	$u_{\max} = u_m$
$u_m > 2$	$u_{\max} = u_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f})$

Приземная концентрация (C_{xy}) в точке с координатами X и Y определяется по формуле

$$C_{xy} = C_{\max} \cdot S_1 \cdot S_2, \quad (1.10)$$

где S_1 – безразмерная величина, характеризующая изменение приземной концентрации по оси факела в зависимости от соотношения X/X_{\max} и коэффициента F определяется по одной из приведенных ниже формул:

при $X/X_{\max} \leq 1$

$$S_1 = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}} \right)^2; \quad (1.11)$$

– при $1 < X/X_{\max} \leq 8$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}} \right)^2 + 1}; \quad (1.12)$$

– при $1 < X/X_{\max} \leq 8$ и $F \leq 1,5$

$$S_1 = \frac{X/X_{\max}}{3,58 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}} \right)^2 - 35,2 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}} \right) + 120}; \quad (1.13)$$

– при $X/X_{\max} > 8$ и $F > 1,5$

$$S_1 = \frac{1}{0,1 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}} \right)^2 + 2,47 \cdot \left(\frac{X}{X_{\max}} \right) - 17,8}; \quad (1.14)$$

S_2 – безразмерная величина, зависящая от параметра t_y . Значение параметра t_y определяется в зависимости от опасной для данного источника скорости ветра u_{max} :

$$\text{при } u_{max} \leq 5 \text{ м/с параметр } t_y = \frac{u_{max} \cdot Y^2}{X^2}; \quad (1.15)$$

$$\text{при } u_{max} > 5 \text{ м/с параметр } t_y = \frac{5 \cdot Y^2}{X^2}. \quad (1.16)$$

Безразмерная величина S_2 определяется по формуле

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5 \cdot t_y + 12,8 \cdot t_y^2 + 17 \cdot t_y^3 + 45,1 \cdot t_y^4)^2}. \quad (1.17)$$

ЗАДАЧА. Оценить достаточность предусмотренных мероприятий для соблюдения санитарных норм в местах воздухозабора с координатами X и Y и опасность загрязнения атмосферы выбросами от источника, расположенного на территории РБ.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Параметры выброса газовой смеси

Вар. №	Наимен. веществ	H, м	D, м	ω_0 , м/с	$T_{г,}$ °С	$T_{в,}$ °С	M, мг/с	X, м	Y, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Зола	18	0,7	16	130	31	25,0	900	280
2	SO ₂	15	0,8	21	130	25	16,0	950	300
3	NO _x	23	0,9	16	230	27	21,0	600	180
4	NO _x	28	1,0	12	160	29	6,0	650	200
5	Зола	20	1,2	10	135	29	42,0	750	240
6	NO _x	23	1,3	11	150	26	16,0	950	300
7	NO _x	19	1,0	14	165	28	7,0	600	180
8	SO ₂	18	0,7	19	115	27	21,0	650	200
9	NO _x	24	1,8	13	210	28	12,0	850	210
10	NO _x	19	0,8	18	160	29	10,0	900	280
11	NO _x	34	1,4	11	183	27	14,0	950	300
12	NO _x	30	1,9	9	170	28	12,0	700	230
13	Зола	19	0,9	18	204	33	25,0	800	180
14	NO _x	20	1,0	14	170	32	7,0	620	200
15	SO ₂	19	0,7	19	117	28	21,0	700	250

По итогам расчета делаются выводы об уровне загрязнения и достаточности мероприятий по защите атмосферы от загрязнений. $ПДК_{С.С.}$ и $ПДК_{М.Р.}$ загрязняющих веществ представлены в таблице 1.2. Если $C_{xy} \leq ПДК_{С.С.}$, то предусмотренных мероприятий для соблюдения санитарных норм в местах воздухозабора достаточно. Если $C_{xy} > ПДК_{С.С.}$, то следует предложить дополнительные мероприятия по защите атмосферы от загрязнения.

Таблица 1.2 – Допустимые значения концентраций

Наименование вещества	$ПДК_{М.Р.}, \text{мг/м}^3$	$ПДК_{С.С.}, \text{мг/м}^3$
SO ₂	0,5	0,05
Зола (пыль)	0,5	0,15
NO _x	0,085	0,085

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Для включения предприятий в систему государственного учета выбросов вредных веществ в атмосферу, ускорения и упрощения работ на стадии разработки ведомственных проектов по установлению нормативов ПДВ, для разработки проектов планов по охране атмосферного воздуха, а также при инспекционных проверках предприятий необходимо четкое деление их на категории опасности в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферу.

Категорию опасности предприятия (КОП) рассчитывают по формуле

$$КОП = \sum_1^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}, \quad (2.1)$$

где M_i – масса выброса i -го вещества, т/год;

$ПДК_i$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го вещества, мг/м³;

n – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;

a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью сернистого газа. Эта величина определяется по таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Значение константы a_i для веществ различного класса опасности

Значения a_i для веществ различных классов опасности				
Константа	Класс опасности			
	1	2	3	4
a_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Для расчёта $КОП$ при отсутствии среднесуточных значений предельно допустимых концентраций используют значения максимально-разовых ПДК, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны, представленных в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Предельно допустимые концентрации и ориентировочно безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест

№ п/п	Вещество	Класс опасности	<i>ПДК_{м.р.}</i> , мг/м ³	<i>ПДК_{с.с.}</i> , мг/м ³	<i>ОБУВ</i>
1	Ацетон	4	0,35	0,35	
2	Бензин нефтяной	4	5,0	1,5	
3	Бутилацетат	4	0,1	0,1	
4	Ксилол	3	0,2	0,2	
5	Сольвент	—			0,2
6	Спирт бутиловый	3	0,1	0,1	
7	Спирт изобутиловый	4	0,1	0,1	
8	Спирт этиловый	4	5,0	5,0	
9	Стирол	2	0,04	0,002	
10	Толуол	3	0,6	0,6	
11	Уайт-спирит	—			1,0
12	Циклогексанон	3	0,04		
13	Этилацетат	4	0,1	0,1	
14	Этилцеллозольв	—			0,7

Вещества неустановленного класса опасности при расчетах условно можно относить к 4-ому классу опасности.

По величине *КОП* предприятия делят на 4 категории опасности. Граничные условия для деления предприятий на категории опасности приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Граничные условия для деления предприятий на категории опасности в зависимости от значения *КОП*

Категория опасности предприятия	Значения <i>КОП</i>
I	$КОП \geq 10^6$
II	$10^4 \leq КОП < 10^6$
III	$10^3 \leq КОП < 10^4$
IV	$КОП < 10^3$

В зависимости от категории опасности предприятиям устанавливается определенная периодичность отчетности в системе госучета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и периодичность контроля выбросов предприятий.

При определении КОП важно точно рассчитать массу годового выброса загрязняющих веществ. Определение массы годового выброса осуществляется по методике расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для предприятий агропромышленного комплекса, утвержденной председателем Госкомэкологии Республики Беларусь 14 марта 1994 года.

В качестве примера рассмотрим расчет выбросов загрязняющих веществ, выделяющихся при использовании химических материалов при окраске изделий. Валовый выброс паров растворителей M_p^i , если окраска и сушка проводятся в одном помещении, рассчитывается по формуле

$$M_p^i = (m \cdot f_L \cdot f_{pik} \cdot 0,01 + m_1 \cdot f_{pip}) \cdot 0,01, \quad (2.2)$$

где m – количество израсходованной краски, т/год;

m_1 – количество израсходованных растворителей, т/год;

f_L – количество испаряющейся части краски, % (таблица 2.4);

f_{pik} – количество различных летучих загрязняющих веществ, входящих в состав краски (грунтовок, шпаклевки и т.п.), % (таблица 2.4);

f_{pip} – количество различных летучих загрязняющих веществ в растворителях, % (таблица 2.5).

Валовый выброс загрязняющего вещества, содержащегося в данном растворителе (краске), следует считать по данной формуле для каждого вещества отдельно и по каждому веществу определять КОП.

ЗАДАЧА. Определить категорию опасности предприятия в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ. Данные для расчета приведены в таблице 2.6.

Промежуточные и окончательные результаты расчета КОП для выделяющихся веществ занести в таблицу 2.7.

Порядок выполнения работы:

1. Внести исходные данные варианта в сводную таблицу расчёта (таблица 2.7).
2. Выписать из таблицы 2.4 состав применяемых на предприятии лакокрасочных материалов.

3. Выписать из таблицы 2.5 состав применяемых на предприятии растворителей.
4. Рассчитать валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу M_p^i отдельно по каждому веществу.
5. Выписать из таблицы 2.2 соответствующие веществам ПДК (ОБУВ).
6. Выписать из таблицы 2.2 классы опасности веществ и соответствующие им значения a_i из таблицы 2.1.
7. Рассчитать отдельно по каждому веществу KOP_i .
8. Найти категорию опасности предприятия, суммировав KOP_i и сравнив результат с данными таблицы 2.3.

Таблица 2.4 – Состав лакокрасочных материалов

Лакокрасочные материалы, %															
РАСТВОРИТЕЛИ (ЛЕТУЧИЕ КОМПОНЕНТЫ)	ЭМАЛИ								ШПАТЛЕВКИ И ГРУНТОВКИ						
	Мл - 152	Мл - 197	НЦ - 11	НЦ - 25	НЦ - 257	НЦ - 258	ХБ - 518	ПЭ - 276	НЦ - 008	ХВ - 005	ХС - 010	АК - 070	ВЛ - 023	МЛ - 029	ВЛ - 02
1. АЦЕТОН	-	-	-	4,62	4,34	-	19,6	2	4,5	8,5	17,4	-	16,86	-	-
2. БУТИЛАЦЕТАТ	-	-	13,75	6,6	6,2	6,5	7	5	9	4	8	43,5	2,35	-	-
3. СПИРТ БУТИЛОВЫЙ	12,9	21,89	5,5	9,9	9,3	10,4	-	-	1,5	-	-	17,4	17,8	26	19,75
4. СПИРТ ЭТИЛОВЫЙ	-	-	8,25	9,9	6,2	5,85	-	-	-	-	-	8,7	36,05	-	59,25
5. ТОЛУОЛ	-	-	13,75	29,7	31	13	-	-	9	20,5	41,6	17,4	0,95	2,2	-
6. ЭТИЛАЦЕТАТ	-	-	13,75	-	-	0,75	-	-	6	-	-	8,7	-	-	-
7. СТИРОЛ	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
8. СОЛЬВЕНТ	8,72	-	-	-	-	-	43,4	-	-	-	-	-	-	-	-
9. КСИЛОЛ	24,6	38,67	-	-	-	16,25	-	-	-	-	-	-	-	32,8	-
10. УАЙТ- СПИРИТ	8,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11. ЭТИЛЦЕЛЛОЗОЛЬВ	-	-	-	5,28	4,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 ИЗОБУТИЛОВЫЙ СПИРТ	5,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13. БЕНЗИН	1,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14. ЦИКЛОГЕКСАНОН	-	-	-	-	-	3,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ЛЕТУЧАЯ ЧАСТЬ %	62	61	55	66	62	65	70	9	30	33	67	87	74	61	79
СУХОЙ ОСТАТОК %	38	39	45	34	38	35	30	91	70	67	33	13	26	39	21

Таблица 2.5 – Состав отделочных материалов.

Растворители, %

КОМПОНЕНТЫ ЛЕТУЧЕЙ ЧАСТИ	№ 646	№ 647	№ 648	№ 649	РЛМ -218	РЛМ	РДВ	АМР-3	РЛ-278	Р-5
1. АЦЕТОН	7	-	-	-	-	-	3	-	-	30
2. БУТИЛОВЫЙ СПИРТ (БУТАНОЛ)	10	7,7	20	20	9	10	10	22	20	-
3. БУТИЛАЦЕТАТ	10	29,8	50	-	9	-	18	25	-	30
4. КСИЛОЛ	-	-	-	50	23,5	-	-	-	30	40
5. ТОЛУОЛ	50	41,3	20	-	23,5	10	50	30	25	-
6. ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ (ЭТАНОЛ)	15	-	10	-	16	64	10	23	15	-
7. ЭТИЛЦЕЛЛОЗОЛЬВ	8	-	-	30	3	16	-	-	10	-
8. ЭЦИЛАЦЕТАТ	-	21,2	-	-	16	-	9	-	-	-
ЛЕТУЧАЯ ЧАСТЬ	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 2.6 – Исходные данные для расчета

Наименование химического материала (лако-красочного материала и растворителя)	Масса используемых химических материалов, т/год														
	Номер варианта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
МЛ- 152		15,2							18,2	15,2					
МЛ- 197			26,0						27,3		26,0				
НЦ-11	15,6						28,9							28,9	
НЦ-25				28,4		16,3							16,3		
НЦ-257					17,5			18,0							18,0
НЦ-258		8,7							29,5	8,7					
ХБ-518	9,4					21,3							21,3		
ПЭ-276				13,1					32,5						
НЦ-008			15,4				30,4					15,4		30,4	
ХВ-005					19,8				28,0						
ХС-010		11,6						22,3			11,6				22,3
АК-070			18,7					25,5				18,7			25,5
ВЛ-023							26,1		24,6					26,1	
МЛ-029	10,8			14,7											
ВЛ-02					21,4	18,2							18,2		
№646	10,5				14,3										14,3
№647		13,4					19,5				10,5	13,4			
№648			25,4						27,4				25,4		
№649				9,8						17,8				9,8	
РМЛ-218					8,5					20,0					8,5
РМЛ	12,4							9,0							
РДВ			18,1			7,2					12,4		18,1		
АМР-3				16,6			20,6							16,6	
РЛ-278		21,3						15,8				21,3			
Р-5						11,4			19,2						

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Ущерб от загрязнения и истощения окружающей среды представляет собой потери и затраты, возникающие в этой среде вследствие антропогенного воздействия.

Загрязнение и истощение окружающей среды в результате антропогенной деятельности наносит урон трем сферам: состоянию экосистем, хозяйственным объектам и здоровью людей. Исходя из этого, различают три вида ущерба: экологический, экономический и социальный.

Экономический ущерб представляет собой потери и затраты в стоимостном выражении, возникающие в народном хозяйстве вследствие антропогенного воздействия на окружающую среду. Экономический ущерб подразделяется на *прямой ущерб*, который проявляется непосредственно на объектах, расположенных в зоне негативного антропогенного воздействия и *косвенный ущерб*, проявляющийся в смежных производствах, на объектах непромышленной сферы и в природной среде.

Социальный ущерб – это стоимостные потери, связанные с увеличением заболеваемости населения в зоне влияния источника воздействия, а также затраты на восстановление трудоспособности людей и социальное страхование. Социальный ущерб можно условно подразделить на выполнимые и невыполнимые потери.

Экологический ущерб – это потери природных ресурсов, обусловленные ухудшением состояния окружающей среды, вследствие негативного антропогенного воздействия, и затраты на их восстановление.

В целом, общий (комплексный) ущерб от техногенного загрязнения окружающей среды упрощенно можно представить в виде суммы ущербов от загрязнения атмосферы, воды, почвы и недр.

Укрупненную оценку экономического ущерба, причиняемого промышленными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу $Y_{атм}$, можно определить по формуле

$$Y_{атм} = Y_{уд} \cdot M \cdot S_{ЗАЗ} \cdot f, \quad (3.1)$$

где $Y_{уд}$ – удельный ущерб от выброса в атмосферу одной условной тонны загрязняющих веществ, $Y_{уд} = 2,4$ руб/усл.т. (в ценах 1986 г.);

M – приведенная масса годового выброса вредных компонентов, усл. т/год;

S_{343} – показатель относительной опасности загрязнения для различных объектов окружающей среды;

f – поправка на характер рассеивания примесей в атмосфере.

Приведенная масса годового выброса M вычисляется на основе информации о количестве m_i поступающего в атмосферу вещества i -го типа и показателя относительной агрессивности вещества A_i , характеризующего количество оксида углерода, эквивалентное по воздействию на окружающую среду одной тонне этого вещества

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \cdot A_i, \quad (3.2)$$

где M – приведенная масса годового выброса, усл.т/год;

m_i – количество поступающего в атмосферу вещества i -го типа, т/год;

A_i – показатель относительной агрессивности вещества i -го типа, усл.т/т;

n – количество загрязняющих веществ;

Количество поступающего в атмосферу вещества i -го типа, определяется по формуле

$$m_i = C_i \cdot F \cdot v \cdot t \cdot 10^{-9}, \quad (3.3)$$

где C_i – концентрация вещества i -го типа, поступающего в атмосферу, мг/м³;

F – площадь поперечного сечения устья источника организованного выброса в атмосферу, м²;

v – скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с;

t – продолжительность работы предприятия (источника выброса), с/год, которая определяется исходя из режима работы предприятия.

При 1 и 2-х сменном режиме работы количество рабочих дней в году принимается равным 250, при 3-х сменном (круглосуточном) режиме работы – 365 рабочих дней. Одна смена – 8 часов.

Для определения показателя относительной агрессивности вещества A_i пользуются формулой

$$A_i = a_i \cdot a_i \cdot d_i \cdot l_i \cdot b_i, \quad (3.4)$$

- где a_i – характеризует относительную опасность присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком;
- a_i – поправка, учитывающая вероятность накопления исходной примеси или вторичных загрязнителей в компонентах окружающей среды и цепях питания, а также поступления примеси в организм человека неингаляционным путем;
- d_i – поправка, характеризующая вредное воздействие примеси на остальных реципиентов¹ (кроме человека);
- l_i – поправка на вероятность вторичного заброса примесей в атмосферу после их оседания на поверхностях (для пылей);
- b_i – поправка на вероятность образования из исходных примесей, выброшенных в атмосферу, других (вторичных) загрязнителей, более опасных, чем исходные (для легких углеводородов).

Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе характеризуется основными двумя показателями:

- 1) среднесуточной предельно допустимой концентрацией примеси $ПДК_{с.с. i}$ [мг/м³] (для оксида углерода $ПДК_{с.с. CO} = 3$ мг/м³);
- 2) предельно допустимым значением средней за рабочую смену концентрации примеси в воздухе рабочей зоны $ПДК_{р.з. i}$ [мг/м³] (для оксида углерода $ПДК_{р.з. CO} = 20$ мг/м³).

Показатель a_i задает уровень опасности для человека вещества i -го типа по отношению к уровню опасности оксида углерода, определяется по формуле

$$a_i = \sqrt{\left(\frac{(ПДК_{с.с. CO} \cdot ПДК_{р.з. CO})}{(ПДК_{с.с. i} \cdot ПДК_{р.з. i})} \right)} = \sqrt{\left(\frac{60}{(ПДК_{с.с. i} \cdot ПДК_{р.з. i})} \right)}. \quad (3.5)$$

Значения поправки a_i принимаются равными:

- $a_i = 5$ – для токсичных материалов и их оксидов – ванадия, марганца, кобальта, никеля, хрома, цинка, мышьяка, серебра, кадмия, сурьмы, олова, платины, ртути, свинца, урана;
- $a_i = 2$ – для прочих металлов и их оксидов - натрия, магния, калия, кальция, железа, стронция, молибдена, бария, вольфрама, висмута, для кремния, бериллия, а также для других компо-

¹ *Реципиенты* – объекты, подвергающиеся воздействию загрязнения: население, зеленые насаждения, сельхозугодья, селитебная территория, лесные угодья и т.п.

нентов твердых аэрозолей, для полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в том числе 3,4-бенз(а)-пирена;

$a_i = 1$ – для всех прочих выбрасываемых в атмосферу загрязнителей (газов, кислот и щелочей в аэрозолях и др).

Поправка, учитывающая вредное воздействие выбрасываемых в атмосферу веществ на прочих реципиентов d_i , равняется:

$d_i = 2$ – для выбрасываемых и испаряющихся в атмосферный воздух легко диссоциирующих кислот и щелочей (фтористого водорода, соляной и серной кислот и др.);

$d_i = 1,5$ – для сернистого газа, оксидов азота, сероводорода, сероуглерода, озона, хорошо растворимых неорганических соединений фтора;

$d_i = 1,2$ – для органических пылей, содержащих ПАУ и другие опасные соединения, для токсичных металлов и их оксидов, реактивной органики (альдегидов и т.п.), аммиака, неорганических соединений кремния, плохо растворимых соединений фтора, оксида углерода, легких углеводородов;

$d_i = 1$ – для прочих соединений и примесей (органических пылей, содержащих ПАУ, нетоксичных металлов и их оксидов, в том числе натрия, магния, калия, кальция, железа, стронция, молибдена, бария, вольфрама, висмута и др).

Поправка на вторичный выброс I_i принимает значения:

$I_i = 1,2$ – для твердых аэрозолей (пылей), выбрасываемых на территориях со среднегодовым количеством осадков менее 400 мм в год;

$I_i = 1$ – во всех остальных случаях.

Поправка на образование вторичных загрязнителей b_i принимается равной:

$b_i = 5$ – для нетоксичных летучих углеводородов (низкомолекулярных парафинов и олефинов) при поступлении их в атмосферу южнее 40 град. северной широты;

$b_i = 2$ – для тех же веществ при поступлении их в атмосферу севернее 40 град. северной широты;

$b_i = 1$ – для прочих веществ.

Значения величин предельно допустимых концентраций, показателей агрессивности A_i , показателей относительной опасности a_i и поправок I_i , a_i , b_i и d_i для некоторых распространенных видов примесей воздуха приведены в таблице 3.1:

Таблица 3.1 – Предельно допустимые концентрации, показатели агрессивности и опасности некоторых примесей в атмосферном воздухе

Примесь	<i>ПДКс.с.</i> , мг/м ³	<i>ПДКр.з.</i> , мг/м ³	<i>a_i</i> , усл. т/т	<i>I_i</i>	<i>a_i</i>	<i>b_i</i>	<i>d_i</i>	<i>A_i</i>
1.Оксид углерода	3	20	1	1	1	1	1	1
2.Летучие низко- молекулярные уг- леводороды (в пе- ресчете на углерод)	1,5	100	0,63	1	1	2	1	1,3
3.Ацетон	0,35	200	0,93	1	1	2	1	1,9
4.Аммиак	0,2	20	3,87	1	1	1	1,2	4,6
5.Пыль нетоксич- ная	0,15	10	6,3	1	2	1	1,2	15,1
6.Диоксид серы	0,05	10	11,0	1	1	1	1,5	16,5
7.Диоксид азота	0,085	5	11,9	1	1	1	1,5	17,9
8.Древесная пыль	0,15	6	8,16	1	2	1	1,2	19,6
9.Асбест природ- ный и искусствен- ный	0,15	2	14,1	1	2	1	1,2	33,8
10.Сероводород	0,008	10	27,4	1	1	1	1,5	41,1
11.Пыль углерода, сажа	0,05	4	17,3	1	2	1	1,2	41,5
12.Серная кислота	0,1	1	24,5	1	1	1	2	49,0
13.Диоксид крем- ния	0,05	1	34,5	1	2	1	1,2	83,2
14.Хлор	0,03	1	44,7	1	1	1	2	89,4
15.Цианистый во- дород	0,01	0,3	141	1	1	1	2	282
16.Никель и его оксиды	0,001	0,5	346	1	5	1	1	17,30
17.Соед. шестива- лентного хрома в пересчете на Cr ₂ O ₃	0,0015	0,01	2000	1	5	1	1	10000
18.Неорг.соед. ртути в пересчете на ртуть	0,0003	0,01	4472	1	5	1	1	22400
19.Неорг.соед.свин- ца в пересч.на сви- нец	0,0003	0,01	4472	1	5	1	1	22400
20.3,4-бенз(а)пирен	10 ⁻⁶	1,5·10 ⁻⁴	6,3·10 ⁵	1	2	1	1	126000

Распространение вредных веществ в окружающей среде зависит от типа и высоты источника загрязнения. Поэтому форма и площадь зоны активного загрязнения (ЗАЗ) определяется с учетом специфических особенностей источника и высоты выброса.

Высота выброса загрязняющих компонентов организованным источником зависит от размеров трубы и подъема факела выброса под влиянием разности температур Δt в устье источника и в окружающей атмосфере на уровне устья. Для учета подъема факела выброса используется поправка j , определяемая по формуле

$$j = 1 + \frac{\Delta t}{75}. \quad (3.6)$$

Зоной активного загрязнения является:

– круг с центром в источнике и радиусом $R = 50 \cdot h$ для труб с высотой $h < 10$ м, определяемый по формуле

$$S_{ЗАЗ} = p \cdot R^2; \quad (3.7)$$

– кольцо с внутренним радиусом $R_{внутр} = 2 \cdot j \cdot h$ и внешним радиусом $R_{внеш} = 20 \cdot j \cdot h$ для организованных источников высотой $h \geq 10$ м, площадь которого определяется по формуле

$$S_{ЗАЗ} = p \cdot (R_{внеш}^2 - R_{внутр}^2). \quad (3.8)$$

В большинстве случаев зона активного загрязнения неоднородна и состоит из территорий, занятых различными реципиентами. Общую площадь $S_{ЗАЗ}$ следует разделить на участки площадью S_j , каждый из которых соответствует одному из типов территорий. При этом

$$S_{ЗАЗ} = \sum_{j=1}^n S_j. \quad (3.9)$$

Дифференциация территорий проводится с учетом характера расположенных на них реципиентов и различия экономических последствий загрязнения единицы площади каждого типа одинаковым количеством условного вещества (оксида углерода). Значения показателей относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов S_j приведены в таблице 3.2.

С учетом состава территорий и их площадей показатель относительной опасности загрязнения $\sigma_{ЗАЗ}$ в целом может быть получен как

$$\sigma_{ЗАЗ} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{S_j}{S_{ЗАЗ}} \right) \cdot s_j, \quad (3.10)$$

где S_j – показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов.

Таблица 3.2 – Значения показателей относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха

Номер типа территорий	Тип загрязненной территории	S_j
1	Территории курортов, санаториев, заповедников, заказников	10
2	Территории пригородных зон отдыха, садовых и дачных участков	8
3	Территории населенных мест с известной плотностью населения n чел./га	$0,1 \cdot n$
4	Территории населенных мест с известной плотностью пребывания населения P чел.ч/га	$P / 35000$
5	Центральная часть города с населением свыше 300 тыс.чел.	8
6	Территории промышленных предприятий и промузлов	4
7	Леса 1-й группы	0,2
8	Леса 2-й группы	0,1
9	Леса 3-й группы	0,025
10	Пашни обычные, южные зоны (южнее 50 с.ш.)	0,25
11	Пашни орошаемые, южные зоны (южнее 50 с.ш.)	0,5
12	Пашни обычные, центральный черноземный район, южная Сибирь	0,3
13	Пашни орошаемые, центральный черноземный район, южная Сибирь	0,3
14	Пашни обычные, прочие районы	0,1
15	Пашни орошаемые, прочие районы	0,2
16	Сады, виноградники обычные	0,5
17	Сады, виноградники орошаемые	1,0
18	Пастбища, сенокосы обычные	0,05
19	Пастбища, сенокосы орошаемые	0,1

Согласно условию задачи, выполняемой в практической работе, загрязнение приходится на два типа территории, поэтому $S_{\text{заз}}$ определяется по формуле

$$S_{3AZ} = \frac{S_1}{S_{3AZ}} \cdot S_1 + \frac{S_2}{S_{3AZ}} \cdot S_2, \quad (3.11)$$

где S_1 и S_2 определяются (по условию задачи) в процентном отношении к общей площади загрязнения S_{3AZ} .

Степень воздействия вредных веществ на объекты окружающей среды зависит от характера рассеивания примесей в атмосфере, являющегося функцией: геометрической высоты устья источника по отношению к среднему уровню ЗАЗ, h [м]; уровня теплового подъема факела выброса в атмосферу j ; среднегодового значения модуля скорости ветра на уровне флюгера U [м/с] ($U = 3$ м/с, если скорость ветра неизвестна); скорости оседания частиц V [см/с] или фактического эксплуатационного значения коэффициента очистки (улавливания) h [%], если распределение годовой массы выброса частиц по фракциям в зависимости от скорости оседания частиц неизвестно.

Величина поправки на характер рассеивания примесей f равняется:

при рассеивании газообразных частиц или при скорости оседания $V < 1$ см/с, или при значении коэффициента очистки $h \geq 90$ % поправка f определяется по формуле

$$f = f_1 = \left(\frac{100}{100 + j \cdot h} \right) \cdot \left(\frac{4}{1 + U} \right); \quad (3.12)$$

при скорости оседания 1 см/с $< V < 20$ см/с или при значении коэффициента очистки 70 % $< h < 90$ % поправка f определяется по формуле

$$f = f_2 = \sqrt{\left(\frac{1000}{60 + j \cdot h} \right)} \cdot \left(\frac{4}{1 + U} \right); \quad (3.13)$$

при скорости оседания $V > 20$ см/с или при значении коэффициента очистки $h < 70$ % поправка $f = f_3 = 10$ определяется по формуле

$$f = f_3 = \sqrt{\left(\frac{1000}{60 + j \cdot h} \right)} \cdot \left(\frac{4}{1 + U} \right); \quad (3.14)$$

ЗАДАЧА. Рассчитать экономический ущерб от загрязнения атмосферы вредным веществом, выбрасываемым промышленным предприятием. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Исходные данные для расчета

Номер варианта	Наименование загрязняющего вещества	Высота источника, h, м	Масса годового выброса m, т/год				Параметры ЗАЗ		Температура выбрасываемой смеси, °С	Температура среднегод. наружного воздуха, °С	Коэффициент очистки, η, %	Скорость ветра, u, м/с
			Концентрация вещества на выходе из источника С, мг/м ³	Скорость выхода смеси из устья источника, v, м/с	Диаметр устья источника, d, м	Режим работы (количество смен в сутки)	Номер типа территорий, (таблица 3.2)	% зоны активного загрязнения				
1	Пыль древесн	5	6,8	9,3	0,8	1	6 1	25 75	25	3,8	80	2,4
2	Ацетон	7	4,7	13,6	0,63	2	6 2	38 62	34	4,2	85	3,8
3	Аммиак	9	3,4	7,6	0,56	3	6 5	57 43	23	4,8	90	4,3
4	Диоксид серы	10	1,8	9,4	0,9	1	6 7	64 36	67	5,3	95	3,3
5	Диоксид азота	12	2,1	12,8	1,25	2	6 8	28 72	85	5,6	98	2,7
6	Серная кислота	14	3,5	10,6	0,8	3	6 9	35 65	32	5,7	82	4,1
7	Сероводород	16	0,6	11,3	0,71	1	6 10	53 47	27	6,1	79	5,0
8	Хлор	17	0,9	15,7	0,5	2	6 16	34 66	38	6,3	86	4,6
9	Соедин. хрома	19	0,17	14,5	1,0	3	6 18	81 19	19	6,5	93	3,5
10	Соединения ртути	20	0,05	16,2	0,56	1	6 1	61 39	21	6,6	87	3,9
11	Летучие углеводороды	15	8,3	12,5	0,87	2	6 11	33 67	74	5,8	72	4,5
12	Пыль нетоксичная	21	5,6	18,6	1,3	3	6 2	21 79	26	4,3	93	3,7
13	Диоксид кремния	28	10,2,	15,4	1,4	1	6 8	17 83	35	6,4	95	2,4
14	Соединения свинца	32	3,7	16,8	0,7	2	6 9	27 73	47	5,2	76	3,2
15	Асбест	35	1,6	12,3	0,8	3	6 18	34 66	52	6,8	81	4,4

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ

Загрязнение земель – это внесение химических загрязнителей в количествах и концентрациях, превышающих способность почвенных экосистем к их разложению, утилизации и включению в общий круговорот веществ.

Деградация земель – это постепенное ухудшение свойств земель под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Определение размера экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель проводится в соответствии с методикой 0212.4.-97, утвержденной Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды 20.05.1997г.

Экономический ущерб от загрязнения земель химическими веществами и деградации земель измеряется совокупными затратами на восстановление загрязненных земель и приведение этих земель в прежнее состояние. Такие затраты определяются исходя из конкретных видов работ по восстановлению загрязненных земель, их объемов и действующих расценок. В случае невозможности определить указанные затраты прямым путем, расчет размера ущерба осуществляется в следующем порядке:

1. Размер экономического ущерба от загрязнения земель химическими веществами рассчитывается на основе укрупненных нормативов совокупных затрат на проведение в полном объеме работ по восстановлению загрязненных земель с учетом уровня инфляции, степени и глубины загрязнения земель, природно-климатической и экономической значимости территорий по формуле:

$$U_x = HЗ \cdot П \cdot K_u \cdot K_{yз} \cdot K_{гз} \cdot K_э \cdot K_{оот}, \quad (4.1)$$

где U_x – величина экономического ущерба от загрязнения земель химическими веществами, руб;

$HЗ$ – норматив совокупных затрат на проведение работ в полном объеме по восстановлению загрязненных земель;

$П$ – площадь загрязненных земель, га;

K_u – коэффициент увеличения совокупных затрат, учитывающий уровень инфляции;

$K_{yз}$ – коэффициент, учитывающий степень загрязнения земель;

$K_{гз}$ – коэффициент, учитывающий глубину загрязнения земель;

K_3 – коэффициент, учитывающий экономическую значимость земель в административных районах;

$K_{оот}$ – коэффициент, учитывающий природоохранное, оздоровительное, рекреационное и историко-культурное назначение земель.

Степень загрязнения земель химическими веществами характеризуется пятью уровнями: допустимым (1), слабым (2), средним (3), высоким (4) и очень высоким (5). Под допустимым уровнем загрязнения понимается такое содержание химических веществ, которое не превышает их предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК).

2. Для расчета размера ущерба от загрязнения химическими веществами сельскохозяйственных и лесных земель по приведенной выше формуле нормативы совокупных затрат на проведение работ в полном объеме по их восстановлению ($HЗ$) принимаются в соответствии с таблицей 4.1, которые рассчитаны для основных групп почв. При этом коэффициенты, учитывающие уровень загрязнения указанных земель химическими веществами ($K_{уз}$), глубину загрязнения земель ($K_{зз}$), экономическую значимость земель в административных районах (K_3), а также природоохранное, оздоровительное, рекреационное и историко-культурное назначение земель ($K_{оот}$) принимаются соответственно таблицам 4.2, 4.3, 4.4.

Таблица 4.1 – Нормативы совокупных затрат ($HЗ_{сх}$) на проведение работ в полном объеме по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель (млн. руб/га)

Группа почв	Наименование группы почв	Пашня и многолетние насаждения, сенокосы и пастбища, на которых проведены работы по коренному улучшению	Природные сенокосы и пастбища
1	2	3	4
1	Дерновые и дерново-карбонатные	22,7	5,1
11	Дерново-подзолистые суглинистые	16,5	3,7
111	Дерново-подзолистые супесчаные	10,6	2,3
IV	Дерново-подзолистые песчаные	4,7	1,1

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4
V	Дерново-подзолистые глееватые и глеевые	10,2	2,3
VI	Дерновые глееватые и глеевые	14,1	3,2
VII	Пойменные дерновые заболоченные	15,3	3,4
VIII	Торфяно-болотные	7,1	1,6
IX	Осушенные торфяно- болотные	13,7	3,1
X	Средне- и сильно эродированные	5,1	1,1

Таблица 4.2 – Коэффициенты, учитывающие уровень загрязнения земель химическими веществами ($K_{уз}$)

Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	Коэффициент
1	Допустимая	0
2	Слабая	0,3
3	Средняя	0,6
4	Высокая	1,5
5	Очень высокая	2,0

Таблица 4.3 – Коэффициенты, учитывающие глубину загрязнения земель ($K_{гз}$)

Глубина загрязнения земель, см	Коэффициент
0-20	1,0
0-50	1,3
0-100	1,5
0-150	1,7
> 0-150	2,0

Таблица 4.4 – Коэффициенты, учитывающие экономическую значимость земель в административных районах (K_9)

Наименование районов	Коэффициенты	Наименование районов	Коэффициенты
<u>Витебская область</u>			
Бешенковичский	1,30	Оршанский	2,30
Браславский	1.00	Полоцкий	1,45
Верхнедвинский	1,30	Поставский	1,25
Витебский	1,65	Россонский	1,15
Глубокский	1,70	Сенненский	1.15
Городокский	1,00	Толочинский	2,60
Докшицкий	1.80	Ушачский	1,30
Дубровенский	1.15	Чашникский	1,70
Лепельский	1,70	Шарковщинский	1,50
Лиозненский	1,15	Шумилинский	1,50
Миорский	1,30		

3. Расчет экономического ущерба от загрязнения химическими веществами земель населенных пунктов осуществляется по следующей формуле:

$$Y_{xn} = П \cdot НЗ_{cp} \cdot K_u \cdot K_{yз} \cdot K_{zз} \cdot K_{эз}, \quad (4.2)$$

где Y_{xn} – экономический ущерб от загрязнения химическими веществами земель населенных пунктов, млн. руб.;

$НЗ_{cp} = 12,0$ млн. руб./га – средний норматив совокупных затрат на проведение в полном объеме работ по восстановлению земель;

K_u – коэффициент на инфляцию, равный изменению стоимости строительно-монтажных работ в отношении к декабрю 1996 г.;

$K_{эз}$ – коэффициент, учитывающий значимость земель в зависимости от ранга населенных пунктов;

$K_{yз}$, $K_{zз}$ и $K_{эз}$ – принимаются по соответствующей нормативно-технической документации.

4. При загрязнении земель несколькими химическими веществами вместо коэффициента $K_{уз}$ в формуле 4.1 применяется коэффициент ($K_{сз}$), учитывающий суммарное загрязнение (таблица 4.5). Суммарный показатель загрязнения земель химическими веществами Z_c рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \sum_{j=1}^n \frac{C_{j\text{факт}}}{C_{j\text{фон}}}, \quad (4.3)$$

где $C_{j\text{факт}}$ и $C_{j\text{фон}}$ – соответственно фактическое и фоновое содержание j -ых загрязняющих веществ.

Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка определяется по таблице 4.6.

Таблица 4.5 – Коэффициенты, учитывающие суммарный показатель загрязнения ($K_{сз}$)

Суммарный показатель загрязнения	Степень загрязнения земель	Коэффициент
< 2	Допустимая	0
2-8	Слабая	0,3
8-32	Средняя	0,6
32-64	Высокая	1,0
> 64	Очень высокая	2,0

Таблица 4.6 – Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка (мг/кг)

Почвы	Zn цинк	Cd кадмий	Pb свинец	Hg ртуть	Cu медь	Co кобальт	Ni никель	As мышьяк
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Черноземы	68	0,24	20	0,20	25	15	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2

5. Величина экономического ущерба от деградации земель зависит от степени ухудшения механических, биологических, физических, агротехнических, химических и других свойств почв, экономической и природоохранной значимости территорий и рассчитывается по формуле:

$$U_{\partial} = P_{\partial} \cdot HZ_{cp} \cdot K_u \cdot K_{\partial} \cdot K_{\varepsilon} \cdot K_{oom}, \quad (4.4)$$

где U_{∂} – экономической ущерб от деградации земель, млн.руб.;

P_{∂} – площадь деградированных земель, га;

HZ_{cp} – средний норматив совокупных затрат на проведение работ в полном объеме по восстановлению деградированных земель, округленно равный 8,7 млн.руб/га;

K_u – коэффициент, учитывающий уровень инфляции (принимается равным изменению стоимости строительно-монтажных работ в отношении к декабрю 1996 г.);

K_{∂} – коэффициент, учитывающий степень деградации земель. Для оценки степени деградации используются количественные показатели. Деградация земель по каждому показателю характеризуется пятью степенями: 0 – недеградированные, 1 – слабдеградированные, 2 – среднедеградированные, 3 – сильнодеградированные, 4 – очень сильно деградированные. Степень деградации земель в зависимости от величины показателя определяется в соответствии с нормативно-технической документацией.

K_{ε} – коэффициент, учитывающий экономическую значимость земель в административных районах;

K_{oom} – коэффициент, учитывающий природоохранное, оздоровительное, рекреационное и историко-культурное назначение земель.

ЗАДАЧА. Рассчитать экономический ущерб от загрязнения пашни тяжелыми металлами. Исходные данные для расчета приведены в таблице 4.7. Принять коэффициент, учитывающий природоохранное, оздоровительное, рекреационное и историко-культурное назначение земель, $K_{oom} = 1$. Коэффициент, учитывающий уровень инфляции, K_u не учитывать.

Таблица 4.7 – Исходные данные для расчета

№ вар	Площадь загрязнения, га	Группа почв (приложение 1)	Район (приложение 5)	Наименование вещества	Фактич. концентрация вещества в почве, мг/кг	Глубина загрязнения, см
1	2,6	II	Миорский	Цинк	100	40
				Свинец	120	
				Ртуть	0,8	
2	1,8	III	Браславский	Никель	130	50
				Кадмий	0,4	
				Медь	21	
3	3,1	IV	Оршанский	Кобальт	40	80
				Цинк	70	
				Кадмий	0,6	
4	1,2	II	Полоцкий	Свинец	90	60
				Ртуть	1,3	
				Кобальт	80	
5	1,6	III	Докшицкий	Никель	160	120
				Цинк	110	
				Свинец	70	
6	2,5	IV	Глубокский	Кобальт	40	90
				Свинец	70	
				Ртуть	3,4	
7	4,2	II	Лепельский	Цинк	160	110
				Ртуть	3,1	
				Медь	50	
8	3,4	III	Лиозненский	Цинк	110	70
				Свинец	80	
				Ртуть	1,8	
9	2,3	IV	Витебский	Никель	70	130
				Кадмий	2,5	
				Медь	2,7	
10	1,4	II	Россонский	Кобальт	60	30
				Цинк	140	
				Кадмий	0,8	
11	3,6	III	Ушачский	Свинец	90	100
				Ртуть	3,7	
				Кобальт	28	
12	2,7	IV	Чашникский	Никель	80	160
				Цинк	120	
				Кадмий	0,7	
13	1,7	II	Шумилинский	Кобальт	1,5	150
				Свинец	60	
				Ртуть	3,7	

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

РАСЧЕТ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ ОТ ЗАМЕНЫ СВЕТИЛЬНИКОВ В ЦЕХЕ

Освещение используется во всех сферах деятельности человека. В промышленности на освещение в среднем расходуется до 10 % потребляемой электроэнергии. В сфере услуг и развлечений этот показатель может достигать 25 %. Основными элементами системы освещения, определяющими ее эффективность, являются осветительные приборы (светильники), включающие источники света и арматуру. Осветительные приборы характеризуются потребляемой мощностью, световым потоком и освещенностью поверхности.

Нормирование и расчет искусственного освещения производится в соответствии с ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования». В таблице 5.1 приведены нормативные значения минимальной освещенности искусственного освещения, а также нормативные значения КЕО для совмещенного освещения.

Рациональная освещенность устанавливается в соответствии с основными функциями органа зрения человека. Освещение должно быть достаточно равномерным, не должно ослеплять глаз и создавать блики на рабочей поверхности.

Для искусственного освещения помещений применяют газоразрядные лампы низкого и высокого давления (люминесцентные, ДРЛ, металлогалогенные, натриевые, ксеноновые), а также лампы накаливания. Их основные светотехнические характеристики представлены в таблице 5.2.

Эффективность источников света (светильников) характеризуется *световой отдачей H* , которая определяется как отношение освещенности или светового потока к потребляемой мощности.

Возможности экономии энергии определяются выбором источников света. Например, люминесцентные лампы потребляют электроэнергии в 6 раз меньше. Тем не менее, даже у наилучших источников света коэффициент полезного действия (КПД) составляет 30 %. Кроме замены источников света имеются и другие способы повышения экономии энергии при использовании осветительных установок. Экономия электроэнергии зависит от сочетания и размещения источников света и светильников. Например, четыре люминесцентные лампы по 20 Вт дают две трети светового потока, который можно получить от двух ламп по 40 Вт.

Таблица 5.1 – Нормируемое значение освещенности по ТКП 45-2.04-153-2009

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различия, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение	Совмещённое освещение				
						Освещённость, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослеплённости и коэффициента пульсации		КЕО, е _п , %					
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения			Р	К _п , %	При верхнем или бинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
						Всего	В том числе общего									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Тёмный	5000	500	–	20	10	–	–	6,0	2,0		
				4500	500	–	10	10								
			б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10						
				Средний	Тёмный	3500	400	1000	10	10						
			в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10						
				Средний	Средний	2500	300	750	20	10						
			г	Большой	Тёмный	2000	200	600	10	10						
				Средний	Светлый	1500	200	400	20	10						
Большой	Светлый	1500	200	400	20	10										
Большой	Средний	1250	200	300	10	10										
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Тёмный	4000	400	–	20	10	–	–	4,2	1,5		
				3500	400	–	10	10								
			б	Малый	Средний	3000	300	750	20	10						
				Средний	Тёмный	2500	300	600	10	10						
			в	Малый	Светлый	2000	200	500	20	10						
				Средний	Средний	2000	200	500	20	10						
			г	Большой	Тёмный	1500	200	400	10	10						
				Средний	Светлый	1000	200	300	20	10						
Большой	Светлый	1000	200	300	20	10										
Большой	Средний	750	200	200	10	10										

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	Ш	а	Малый	Тёмный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	-	-	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	750 750 600	200 200 200	300 300 200	40 40 20	15 15 15				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Тёмный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	500	200	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	-	-	200	40	20				
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Тёмный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	-	-	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	-	-	200	40	20				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	-	-	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	-	Независимо от фона и контраста объекта с окном		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	–	Независимо от фона и контраста объекта с окном	–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
Общее наблюдение за ходом производственного процесса, постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении, периодическое при периодическом пребывании людей в помещении.		VIII	а	Независимо от фона и контраста объекта с окном	–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
			б	Независимо от фона и контраста объекта с окном	–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2	
			в	Независимо от фона и контраста объекта с окном	–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2	
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г	Независимо от фона и контраста объекта с окном	–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1	

Примечания

1. Для подразряда норм от Ia до IIIв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подразряда в графах 7-11.

2. Нормы освещенности, приведенные в приложении 2, следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

а) при работах I-VI разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;

б) при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на дисковых пилах, гильотинных ножницах и т.п.);

в) при специальных повышенных санитарных требованиях (например, на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения 500 лк и менее;

г) при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения – 300 лк и менее;

д) при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;

е) при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин, или объектов, движущихся со скоростью, равной или более 1,5 м/мин;

ж) при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м² и более;

з) в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень.

3. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего. При увеличении этого расстояния разряд зрительной работы следует устанавливать в соответствии с приложением 2. Для протяженных объектов различения эквивалентный размер выбирается по приложению 3.

4. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности

а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;

б) то же, общего освещения для разрядов I-V, VI;

в) на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

Нормируемые значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

5. Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду "в".

6. Показатель ослепленности регламентируется в графе 10 только для общего освещения (при любой системе освещения).

7. Коэффициент пульсации Кп указан в графе 11 для системы общего освещения или для светильников местного освещения, при системе комбинированного освещения. Кп от общего освещения в системе комбинированного не должен превышать 20 %.

8. Предусматривать систему общего освещения для разрядов I-III, IVа, IVб, IVв, Va допускается только при технической невозможности или экономической нецелесообразности применения системы комбинированного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с органами Государственного санитарного надзора.

9. В помещениях, специально предназначенных для работы или производственного обучения подростков, нормированное значение КЕО повышается на один разряд по графе 3 и должно быть не менее 1,0 %.

Таблица 5.2 – Светотехнические характеристики источников искусственного освещения

Тип источника света	Маркировка	Светоотдача, лм/Вт	Коэффициент запаса, $K_{ЭЛ}$	Световой поток, лм
Галогенные лампы накаливания	КГ-300	16,6	1,1	4900
Компактные люминесцентные лампы	КЛ-40	62	1,25	2100
	КЛ-80	68	1,25	3240
Люминесцентные лампы белого света	ЛБ-40	78	1,3	3120
	ЛБ-80	65,3	1,3	5220
Люминесцентные лампы дневного света	ЛД-40	58,5	1,3	2340
	ЛД-80	50,3	1,3	4070
Люминесцентные лампы дневного света с улучшенной цветопередачей	ЛДЦ-40	52,5	1,3	2100
	ЛДЦ-80	46,8	1,3	3740
Люминесцентные лампы белого дневного света с улучшенной цветопередачей	ЛБЦТ-40	88,5	1,25	2300
	ЛБЦТ-80	83,5	1,25	3810
Ртутно-вольфрамовые лампы	РВЛ-80	22	1,2	3750
Ртутные лампы высокого давления	ДРЛ-50	50	1,3	1800
	ДРЛ-80	42,3	1,3	3800
Натриевые лампы высокого давления	ДНаТ-70	100	1,3	5600
Металлогалогенные лампы высокого давления	ДРИ-40	80	1,3	1700
	ДРИ-80	74,3	1,3	8500

Использование комбинированного общего и местного освещения, искусственного и естественного освещения позволяет уменьшить потребление электроэнергии. При использовании дополнительного местного освещения общую освещенность уменьшают. За счет этого потребление энергии снижается в 1,5–2 раза.

Запыленные стекла окон поглощают до 30 % светового потока. Регулярное мытье окон позволяет снизить продолжительность горения ламп при двухсменной работе предприятия на 15 % в зимнее время и на 90 % – в летнее.

Эффективным является замена системы *общего равномерного освещения*, которое устраивается без учета рабочих мест (высота подвеса све-

тильников, тип светильников, мощность ламп и т.д. принимаются одинаковыми) на систему *общего локализованного*, при котором размещение светильников связано с расположением оборудования и рабочих мест (высота подвеса светильников, тип светильников, мощность ламп и т.д. могут быть разными). Практика показала, что один и тот же уровень освещенности рабочего места при общей локализованной системе искусственного освещения поддерживается в 2 раза меньшим числом светильников.

При отсутствии необходимости освещения следует отключать, что уменьшает затраты электроэнергии. Кроме ручного управления освещением для этих целей применяются автоматизированные системы на основе программного управления или реагирующие на изменение уровня освещенности. В протяженных помещениях целесообразно использовать зональные выключатели для рационального управления несколькими источниками света из разных мест. Системы регулирования и управления освещением позволяют сократить потребление электроэнергии на 5-15 %.

Замена светильников – наиболее эффективное комплексное мероприятие, включающее замену источников света, изменение расположения мест освещения и в целом повышающее КПД использования электроэнергии на освещение. Например, переход на светильники с эффективными отражателями позволяет снизить потребление энергии до 50 %, т. е. отказаться от половины используемых ламп.

Большое значение имеют условия эксплуатации и плановые ремонты, предусматривающие своевременные осмотры, чистки, замены ламп и комплектующих. Замена обычных балластных токоограничивающих сопротивлений на электронные высокочастотные позволяет снизить потребление электроэнергии в люминесцентных лампах до 25-30 %. Регулярная чистка ламп и светильников и замена ламп после нормативного срока службы увеличивают световую отдачу на 10-15 %.

Для расчета искусственного освещения в цехе используем метод светового потока. Число ламп светильника определяется по формуле

$$n = \frac{E_i \cdot S \cdot z \cdot k}{h \cdot F}, \quad (5.1)$$

где n – число ламп светильников, обеспечивающее требуемую освещенность в помещении, шт;

E_H – нормируемая освещенность, лк;

F – световой поток одной лампы, лм;

S – площадь цеха, м²;

k – коэффициент запаса, зависящий от состояния воздушной среды в помещении (1...2);

z – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещенности в цехе (1,1...1,3);

η – коэффициент использования светового потока, в зависимости от типа светильника, $\eta = 0,49$.

Мощность установленной системы освещения определяется по формуле

$$W_{\Gamma} = \frac{N_{\text{Л.С.}} \cdot \tau \cdot k_{\text{осв}}}{1000}, \quad (5.2)$$

где W_{Γ} – мощность установленной системы освещения, кВт·ч/год;
 $N_{\text{Л.С.}}$ – суммарная мощность ламп светильников, Вт;
 τ – количество часов в год работы лампы светильника, которое определяется исходя из режима работы предприятия час/год.
 При 1-сменной работе – 620 час/год;
 При 2-сменной работе – 1200 час/год;
 При 3-сменной (круглосуточной) – 4000 час/год;
 $k_{\text{осв}}$ – коэффициент использования светильника, $k_{\text{осв}} = 0,86$.

Суммарная мощность ламп светильников определяется по формуле

$$N_{\text{Л.С.}} = n \cdot N_{\text{Л}}, \quad (5.3)$$

где n – число ламп светильников, обеспечивающее требуемую освещенность, шт;
 $N_{\text{Л}}$ – мощность одной лампы светильника, Вт.

Экономия от замены существующих источников света определяется из выражения

$$\Delta W_{\Gamma} = W_{\Gamma} \cdot (1 - K_{\text{исп}} \cdot K_{\text{эл}}), \quad (5.4)$$

где ΔW_{Γ} – экономия от замены существующих источников света, кВт/год;
 $K_{\text{исп}}$ – коэффициент эффективности замены источников света;
 $K_{\text{эл}}$ – коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока лампы в течении срока службы.

Коэффициент эффективности замены источников света определяется по формуле

$$K_{исп} = \frac{H_C}{H_3}, \quad (5.6)$$

где H_C – светоотдача существующего источника света, лм/Вт;
 H_3 – светоотдача предлагаемого для установки источника света, лм/Вт.

Если величина ΔW_{Γ} получается отрицательной, то замена светильников неэффективна.

ЗАДАЧА Рассчитать экономию энергии от замены необходимого количества светильников для освещения цеха. По результатам расчета определить, эффективна ли замена светильников.

Исходные данные к задаче взять из таблицы 5.3.

Таблица 5.3 – Исходные данные к решению задачи

№	Min размер объекта различения, мм	Длина цеха, м	Ширина цеха, м	Условия работы	Тип ламп до замены	Тип ламп после замены
1	2	3	4	5	6	7
1	0,14	50	15	1 см	КГ-300	КЛ-80
2	0,20	60	20	1 см	ЛБЦТ-80	ДНаТ-70
3	0,35	70	25	2 см	ЛДЦ-40	ЛБЦТ-40
4	0,40	80	30	к/с	ЛДЦ-80	ДРИ-80
5	0,60	90	35	к/с	ЛБ-80	ДРИ-80
6	0,80	100	25	1 см	ЛД-40	КЛ-40
7	1,00	110	30	2 см	ЛД-80	ЛБ-80
8	3,00	120	35	к/с	ДРИ-40	ДНаТ-70
9	4,00	130	40	2 см	РВЛ-80	ДРЛ-80
10	Общее	140	45	к/с	ДРЛ-50	ДРИ-80
11	0,18	150	50	1 см	КЛ-80	КГ-300
12	0,25	160	55	к/с	ДНаТ-70	ЛБЦТ-80
13	0,32	170	60	2 см	ЛБЦТ-40	ЛДЦ-40
14	0,40	180	65	1 см	ДРИ-80	ЛДЦ-80
15	0,50	190	70	1 см	ДРИ-80	ЛБ-80
16	0,60	200	75	2 см	КЛ-40	ЛД-40
17	0,70	210	80	2 см	ЛБ-80	ЛД-80
18	0,80	220	85	к/с	ДНаТ-70	ДРИ-40
19	0,90	230	90	к/с	ДРЛ-80	РВЛ-80
20	1,00	50	95	1 см	ДРИ-80	ДРЛ-50
21	1,50	60	100	2 см	КГ-300	КЛ-80

Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5	6	7
22	1,80	70	105	к/с	ЛБЦТ-80	ДНаТ-70
23	2,00	80	110	1 см	ДРИ-80	ЛДЦ-80
24	Общее	90	115	1 см	ДРИ-80	ЛБ-80
25	5,00	100	120	к/с	ДНаТ-70	ЛБЦТ-80
26	4,00	110	125	2 см	ЛБЦТ-40	ЛДЦ-80
27	3,00	120	130	2 см	ДРИ-80	РВЛ-80
28	Общее	130	15	к/с	ДРИ-80	ДРЛ-50
29	0,50	140	20	1 см	КГ-300	ДНаТ-70
30	0,70	50	25	к/с	ЛБ-80	ЛБЦТ-80

Определение разряда работ при расстоянии от объекта различения до глаз работающего более 0,5 м представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Определение разряда зрительных работ

Разряд зрительной работы	Min размер объекта различения, м
I	Менее $0,3 \times 10^{-3}$
II	От $0,3 \times 10^{-3}$ до $0,6 \times 10^{-3}$
III	Свыше $0,6 \times 10^{-3}$ до 1×10^{-3}
IV	Свыше 1×10^{-3} до 2×10^{-3}
V	Свыше 2×10^{-3} до 10×10^{-3}
VI	Свыше 10×10^{-3}

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

РАСЧЕТ ЭКОНОМИИ УСЛОВНОГО ТОПЛИВА ПРИ СОКРАЩЕНИИ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ЗДАНИИ

Здания и сооружения жилищного, культурного, административного и промышленного назначения являются крупными потребителями тепловой энергии. Только на жилой фонд зданий Беларуси приходится 39 % потребления вырабатываемой теплоты.

В то же время теплопотери через ограждающие конструкции зданий у нас составляют до 80 % всех общих потерь теплоты. Этот показатель в развитых странах Западной Европы – 38-44 %, т. е. в 2 раза меньше.

К *ограждающим конструкциям* относятся наружные стены, полы по грунту, внутренние ограждающие конструкции между помещениями с различной температурой внутреннего воздуха, покрытия, перекрытия над верхними этажами, заполнения проёмов: окна, витражи, витрины, фонари, двери, ворота.

Ограждающие конструкции совместно с системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать нормируемые параметры микроклимата помещений при оптимальном энергопотреблении.

Потери энергии через ограждающие конструкции распределяются следующим образом:

- стены – 42-49 %;
- окна – 32-35 %;
- подвальные и чердачные перекрытия – 11-18%;
- входные двери – 5-15 %.

В многоэтажных зданиях потери теплоты через подвальные и чердачные перекрытия будут минимальными.

На тепловой режим здания существенное влияние оказывает наружный климат, который определяют солнечная инсоляция, температура и влажность воздуха, ветер. При проектировании ориентация зданий выбирается с учетом розы ветров и потоков энергии, поступающих от Солнца. С увеличением скорости ветра интенсифицируется теплообмен со стороны наружного воздуха, растут инфильтрация и теплопотери, а при ориентации фасада на юг за счет прогрева стеновых ограждений они уменьшаются. При увлажнении ограждающих поверхностей с последующим испарением влаги теплопотери дополнительно увеличиваются.

Тепловой режим здания определяется не только наружным климатом, но и ограждающими конструкциями, внутренней средой и реакцией

человека. Например, расчетная температура помещения в зависимости от назначения здания может быть в пределах 16-26 °С.

Исследования, проведенные в США, показывают, что за счет теплоизоляции зданий могут быть существенно снижены тепловые потери:

- через крышу и чердачное помещение на 80 %;
- через стены на 60 %;
- за счет уплотнения оконных рам на 70 %;
- за счет двойного остекления на 60 %;
- через пол на 75 %.

В фонде жилых и нежилых зданий Республики Беларусь может быть сэкономлено в год за счет энергосберегающих мероприятий около 50 % потребляемой энергии.

Для уменьшения потерь через ограждающие конструкции применяются теплоизоляционные материалы с коэффициентом теплопроводности меньше 0,2 Вт/(мК).

В настоящее время выпускается широкий спектр изоляционных материалов, применяемых в строительстве: минеральная вата, утеплители на основе стекловолокна и стеклотканей, полистирол, пенопласт, керамзитовый гравий и другие.

Значительное количество теплоты теряется через окна. В домах старой постройки значение коэффициента теплопередачи окон может достигать 3,5 Вт/(м К). При этом потери составляют почти 50 % от теплоты, потребляемой на отопление. В настоящее время на основе деревянных, пластиковых или алюминиевых профилей внедрены современные окна с коэффициентом теплопередачи 0,8-1,5 Вт/(м К). Окна изготавливаются в виде стеклопакетов с 2, 3 или 4 стеклами. В некоторых конструкциях воздушное пространство между стеклами заполняется аргоном. Стеклопакеты обеспечивают высокую герметичность. При качественном уплотнении швов между стеной и оконной коробкой коэффициент инфильтрации приближается к нулю. Довольно просто можно модернизировать старые окна, добавив третий слой стекла или закрепив слой прозрачной пластмассовой пленки.

Эффективным является также использование ленточного утеплителя по всему периметру оконных притворов. Уменьшения потерь можно достичь, применяя стекла с селективным теплоотражающим покрытием, которые пропускают инфракрасное излучение только в одну сторону.

В производственных зданиях могут применяться вентилируемые окна, когда удаляемый теплый воздух проходит через межстекольный зазор, создавая тепловую завесу. В результате этого температура поверхности внутреннего стекла увеличивается, и потери теплоты через окна снижаются. Потери теплоты за счет воздухообмена через неплотности в оконных проемах представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Годовые потери теплоты за счет воздухообмена через неплотности

Коэффициент ин- фильтрации	Оценка инфильтрации	Годовые потери теплоты, ГДж
0,5	Минимальная	5,2
1,0	Допустимая	10,4
1,5	Избыточная	15,6
2,0	Ущербная	20,8

С 01.01.1998 г. введены строительные нормы Республики Беларусь СНБ 2.01.04–97 «Строительная теплотехника». Эти нормы распространяются на проектирование ограждающих конструкций новых и реконструируемых зданий и сооружений различного назначения с нормируемыми температурой или температурой и относительной влажностью внутреннего воздуха.

Нормы устанавливают требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, теплоустойчивости помещений, теплоусвоению поверхности полов, сопротивлению воздухопроницанию и паропроницанию ограждающих конструкций и порядок теплотехнических расчетов.

Основные и добавочные потери теплоты определяются с округлением до 10 Вт по формуле

$$Q_i = \frac{1}{R_i} \cdot F_i \cdot (t_B - t_H^B) \cdot (1 + \sum b_i) \cdot n_i, \quad (6.1)$$

где R_i – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$);

F_i – расчётная площадь ограждающей конструкции, м^2 ;

t_B – расчётная температура внутреннего воздуха, °C ;

t_H^B – расчётная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчёте потерь теплоты через наружные ограждения или температура воздуха более холодного помещения – при расчёте потерь теплоты через внутренние ограждения, °C ;

b_i – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь;

n_i – коэффициент учёта положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху (для наружных ограждающих конструкций $n = 1$).

В потери теплоты через соответствующее наружное ограждение включаются добавочные потери на ориентацию ограждения по сторонам

света – b_1 , для дверей и ворот – b_2 и расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через неплотности данного ограждения – b_3 .

Добавочные потери теплоты b_1 через ограждающие конструкции в помещениях любого назначения следует принимать через наружные вертикальные и наклонные стены, двери и окна, обращённые на север, восток, северо-восток и северо-запад, – в размере 0,1, на юго-восток и запад – в размере 0,05; в административно-бытовых и производственных помещениях через две наружные стены и более – 0,15, если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад, и 0,1 – в других случаях (рисунок 6.1).

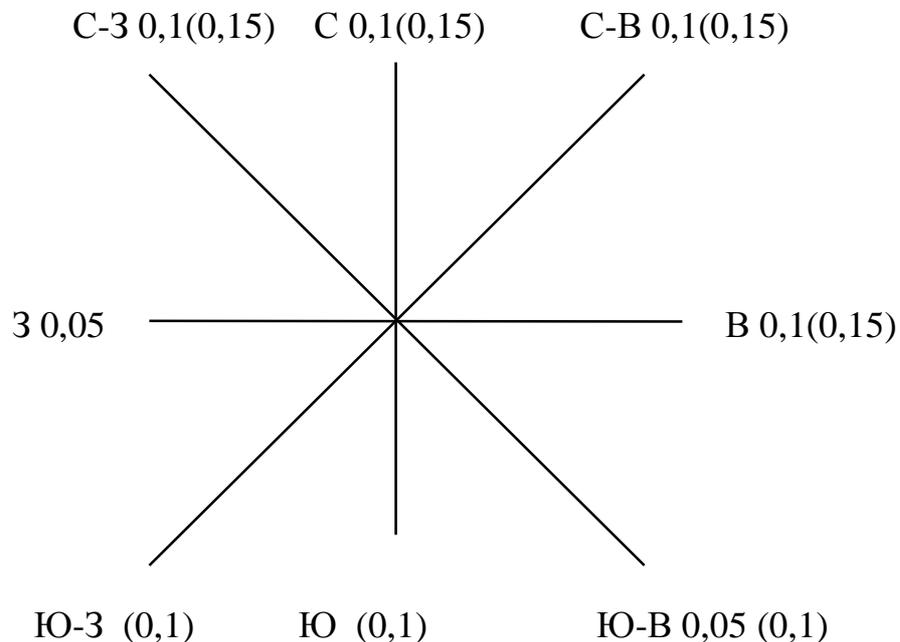


Рисунок 6.1 – Добавочные потери через ограждающие конструкции в зависимости от сторон света: в скобках указаны значения при наличии 2-х и более стен

Добавочные потери теплоты b_2 через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами при высоте здания H , м от средней планировочной отметки земли до верха карниза:

0,2 H – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

0,27 H – для двойных дверей с тамбуром между ними;

0,34 H – для двойных дверей без тамбура;

0,22 H – для одинарных дверей.

Для наружных ворот, необорудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами без тамбура $b_2 = 3$, а при наличии тамбура у ворот – $b_2 = 1$.

Теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха допускается принимать равными 30% основных теплопотерь через соответствующие вертикальные ограждения (стены и окна), т.е. $b_3 = 0,3$.

Таблица 6.2 – Бланк расчета теплопотерь

Наименование и ориентация ограждающих конструкций	Количество и размеры, м			Площадь F_i , м ²	Сопротивление теплопередаче R_i , м ² ·°C/Вт	Перепад температур $(t_B - t_H^B)$, °C	Добавочные потери теплоты				Коэффициент, учитывающий положение ограждения, n_i	Потери теплоты Q_i , Вт
	n	L	B				β_1	β_2	β_3	$1 + \Sigma\beta_i$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Расход условного топлива на отопление здания определяется

$$B_{в.т.} = \frac{Q}{Q_{H.У.Т.}^P} \cdot 3,6, \quad (6.2)$$

где $B_{в.т.}$ – расход условного топлива на отопление, кг/ч;

$Q_{H.У.Т.}^P = 29\,300 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – расчетная теплота сгорания условного топлива;

Q – суммарные потери теплоты, Вт.

Экономия условного топлива, за счет повышения требований к теплоизоляции ограждающих конструкций

$$\Delta B_{в.т.}^ч = \frac{\Delta Q}{Q_{H.У.Т.}^P} \cdot 3,6, \quad (6.3)$$

где $\Delta B_{y.T.}^{\text{ч}}$ – экономия условного топлива, кг/ч;
 DQ – разность потерь теплоты до и после мероприятий по сокращению теплопотерь, Вт;

или за отопительный сезон в целом

$$\Delta B_{y.T.}^{\text{год}} = \Delta B_{y.T.}^{\text{ч}} \cdot t, \quad (6.4)$$

где $\Delta B_{y.T.}^{\text{год}}$ – экономия условного топлива за отопительный сезон, кг/сезон;
 t – продолжительность отопительного сезона, час.

ЗАДАЧА. Определить как изменяются тепловые потери через ограждающие конструкции (оконные проемы) если:

1. Оконные проемы заполнены рамами с двойным остеклением из обычного стекла с сопротивлением теплопередаче ограждающей конструкции, $R_1 = 0,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$;
2. Оконные проемы заполнены стеклопакетами из 2-х обычных стекол с сопротивлением теплопередаче ограждающей конструкции, $R_2 = 0,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$;
3. Оконные проемы заполнены стеклопакетами с тройным остеклением со специальным покрытием с заполнением межстекольного пространства газом (аргоном или криптоном) с сопротивлением теплопередаче ограждающей конструкции, $R_3 = 1,8 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$;

Рассчитать:

1. Потери тепла для каждого варианта.
2. Во сколько раз уменьшатся потери тепла через ограждающие конструкции (оконные проемы) по сравнению с первым вариантом.
3. Определить экономию условного топлива за сезон отопления.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 6.3.

Таблица 6.3 – Исходные данные

№ п/п	Размер ограждающих конструкций, м	Количество	Ориентация конструкции по сторонам света	Расчётная температура внутреннего воздуха t_B , °С	Расчётная температура наружного воздуха для холодного периода года t_H^B , °С	Продолжительность отопительного сезона τ , мес
1	3 × 4	10	С	22	-15	4
2	3 × 3	15	СВ	24	-22	5
3	3,6 × 3	20	В	20	-26	7
4	2,4 × 2	30	ЮВ	24	-18	4
5	1,2 × 1,5	40	Ю	21	-23	5
6	1,8 × 1,8	50	ЮЗ	25	-28	7
7	3 × 4	25	З	23	-14	4
8	1,5 × 1,2	60	СЗ	22	-25	5
9	1,5 × 1,5	55	С	24	-31	7
10	3,6 × 4	35	СВ	25	-19	4
11	1,8 × 1,5	46	В	23	-22	5
12	1,2 × 1,2	54	ЮВ	21	-28	7
13	2,4 × 2	28	Ю	22	-15	4
14	3 × 3	18	ЮЗ	20	-26	5
15	3 × 4	22	З	18	-28	7
16	1,2 × 1,2	32	СЗ	24	-18	4
17	1,2 × 1,5	42	С	23	-21	5
18	1,8 × 1,5	52	СВ	21	-29	7
19	3,6 × 4	38	В	22	-15	4
20	3 × 4	36	ЮВ	24	-22	5
21	2,4 × 4	44	Ю	20	-26	7
22	1,2 × 1,2	62	ЮЗ	19	-14	4
23	1,5 × 1,2	68	З	24	-25	5
24	1,8 × 1,8	58	СЗ	23	-31	7
25	1,5 × 1,5	48	С	22	-15	4
26	1,2 × 1,5	70	В	21	-26	5
27	3 × 3	30	Ю	18	-28	7
28	2,4 × 2	50	З	20	-19	4
29	1,8 × 1,8	40	Ю	23	-22	5
30	3 × 4	20	С	21	-28	7

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

РАСЧЕТ ЭКОНОМИИ УСЛОВНОГО ТОПЛИВА ПРИ ДЕ-ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

На цели отопления, вентиляции и горячего водоснабжения в Республике Беларусь расходуется 40% от общего потребления топлива. Потенциал энергосбережения, по оценкам отечественных и зарубежных экспертов, в системах теплоснабжения республики составляет около 50%. За счет энергосберегающих мероприятий можно снизить потребление топлива на нужды теплоснабжения на 20% от его общего потребления республикой.

В Беларуси, как и во всех странах СНГ, в силу проводившейся в советские времена технической политики применяются в основном системы централизованного теплоснабжения, находящиеся сегодня в крайне неудовлетворительном состоянии. Часто происходят аварии, что приводит к перерывам теплоснабжения, значительному материальному ущербу, опасности для жизни людей из-за провалов грунта в теплосетях, взрыва котельного оборудования и т.п. Такое положение объясняется следующими причинами:

- эксплуатацией элементов систем теплоснабжения: оборудования ТЭЦ, котельных, тепловых сетей – в течение 25-35 лет и более, что намного превышает их расчетные сроки службы;
- низким качеством конструкций, строительства, монтажа и эксплуатации.

Основными элементами систем теплоснабжения являются:

- источники тепла, в основном ТЭЦ и котельные;
- магистральные и внутриквартальные тепловые сети, по которым с помощью насосных станций осуществляется транспорт теплоносителей и распределение тепловой энергии потребителям через центральные или индивидуальные тепловые пункты;
- потребители тепловой энергии в виде пара, горячей воды, воздуха.

Для реализации указанного выше потенциала энергосбережения теплоснабжения республики необходима одновременная согласованная оптимизация теплопотребления во всех элементах систем теплоснабжения при координации организационно-экономических и технических мероприятий. К приоритетным направлениям оптимизации относятся:

- *реконструкция и модернизация систем централизованного теплоснабжения;*
- *децентрализация теплоснабжения;*
- *регулирование режимов теплопотребления во всех элементах систем теплоснабжения.*

Важнейшим направлением совершенствования теплоснабжения городов считается *разумная степень его децентрализации*, что означает строительство на газе, жидком топливе электроэнергии новых теплоисточников, приближенных к потребителю тепла, или переход на автономные источники теплоснабжения. Децентрализация теплоснабжения позволяет:

- уменьшить потери тепла до 40% за счет полного отказа от наружных тепловых сетей или сокращения их протяженности;
- сократить до 15% потери тепла за счет более полного соответствия режимов производства тепла и его потребления;
- сократить затраты на теплоснабжение в сравнении с затратами, необходимыми для строительства, обслуживания и ремонта новых теплосетей, ремонта действующих сетей и теплогенераторов;
- снизить потери энергии и аварийность в системах теплоснабжения.

В республике децентрализация теплоснабжения осуществляется путем перехода к автономным системам, использованию встроенных и пристроенных к зданию котельных, автоматизированных местных блочных или блок-модульных котельных полной заводской готовности, крышных котельных. На промышленных предприятиях в мини-ТЭЦ реконструируются бывшие котельные или вводятся новые заводские ТЭЦ. Внедрение автономных источников энергии в жилищно-коммунальном секторе позволяет решить проблему независимого жизнеобеспечения этого сектора экономики, позволяет широко внедрять регулирование энергопотребления непосредственно у потребителей.

Расходы натурального топлива определяются по следующей формуле:

- в районной котельной

$$B_{P.K.} = \frac{Q}{Q_H^P \cdot h_{P.K.}}, \quad (7.1)$$

где $B_{P.K.}$ – расход натурального топлива, кг/ч;

Q – тепловая нагрузка при теплоснабжении жилого массива, Гкал/ч;

Q_H^P – теплота сгорания используемого топлива, МДж/кг;

$h_{P.K.}$ – КПД районной котельной.

- в местной котельной

$$B_{P.K.} = \frac{Q}{Q_H^P \cdot h_{P.K.}}, \quad (7.2)$$

где $B_{P.K.}$ – расход натурального топлива, кг/ч;

Q – тепловая нагрузка при теплоснабжении жилого массива, Гкал/ч;

Q_H^P – теплота сгорания используемого топлива, МДж/кг;

$h_{P.K.}$ – КПД районной котельной.

Удельные расходы топлива определяются по формуле
– в районных и местных котельных

$$b_{P.K.} = \frac{10^9}{29,3 \cdot 10^6 \cdot h_{P.K.}} = \frac{34,2}{h_{P.K.}}, \quad (7.3)$$

где $1 \text{ ГДж} = 10^9 \text{ Дж}$;

$29,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ – теплота сгорания условного топлива.

– в местных котельных

$$b_{P.K.} = \frac{10^9}{29,3 \cdot 10^6 \cdot h_{M.K.}} = \frac{34,2}{h_{M.K.}}, \quad (7.4)$$

Экономия условного топлива за счет изменения системы теплоснабжения определяется по формуле

$$\Delta B = \frac{Q}{Q_{H(усл)}^P \cdot h_{P.K.}} - \frac{Q}{Q_{H(усл)}^P \cdot h_{M.K.}}, \quad (7.5)$$

где $Q_{H(усл)}^P = 29,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ – теплота сгорания условного топлива.;

Q – тепловая нагрузка при теплоснабжении жилого массива, Гкал/ч;

При анализе вопроса о выборе более эффективного теплоснабжения необходимо воспользоваться уравнением

$$\Delta B_{усл.} = \frac{Q}{Q_{H(усл)}^P} \cdot \left(\frac{h_{C.}}{h_{M.K.}} - \frac{1}{h_{P.K.}} \right). \quad (7.6)$$

Если $\frac{h_{C.}}{h_{M.K.}} > \frac{1}{h_{P.K.}}$ то теплоснабжение от районных котельных энер-

гетически выгоднее, чем от местных котельных.

Если $\frac{h_c}{h_{M.K.}} < \frac{1}{h_{P.K.}}$ то теплоснабжение от местных котельных энергетически выгоднее, чем районных от котельных.

ЗАДАЧА. Определить при каких условиях централизованное теплоснабжение от районной котельной, работающей на природном газе, целесообразно заменить теплоснабжением от местной котельной, при теплоснабжении от которой тепловые сети отсутствуют. Тепловая нагрузка при теплоснабжении жилого массива равна Q (Гкал/ч), КПД тепловых сетей η_c , КПД районной котельной $\eta_{P.K.}$, КПД местной котельной $\eta_{M.K.}$ приведены в таблице 7.1. Теплота сгорания природного газа $Q_H^P = 35$ МДж/м³, плотность природного газа $\rho_{\Gamma} = 0,72$ кг/м³, теплота сгорания каменного угля $Q_H^P = 17,5$ МДж/кг, теплота сгорания мазута $Q_H^P = 39$ МДж/кг.

Определить:

1. Удельные расходы условного и натурального топлива на единицу отпущенного тепла (кг/ГДж).
2. Расходы натурального и условного топлива при теплоснабжении от районной и местной котельной.
3. Выбрать наиболее энергосберегающий вариант теплоснабжения жилого массива и рассчитать для данного варианта экономию условного топлива.

Таблица 7.1 – Исходные данные

№ п/п	Q , Гкал/ч	$\eta_{M.K.} = \eta_{P.K.}$ (газ)	$\eta_{M.K.}$ (уголь)	$\eta_{M.K.}$ (мазут)	η_c
1	2	3	4	5	6
1	3	0,85	0,58	0,7	0,65
2	4	0,86	0,60	0,72	0,64
3	5	0,87	0,61	0,73	0,68
4	6	0,88	0,63	0,74	0,6
5	5	0,89	0,65	0,75	0,7
6	6	0,9	0,57	0,76	0,71
7	3	0,91	0,53	0,71	0,75
8	4	0,85	0,60	0,76	0,74
9	4	0,86	0,62	0,73	0,69
10	5	0,87	0,65	0,72	0,76
11	3	0,88	0,54	0,71	0,61
12	6	0,89	0,55	0,7	0,63
13	6	0,9	0,53	0,74	0,65

Окончание таблицы 7.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
14	4	0,91	0,59	0,75	0,72
15	5	0,85	0,60	0,72	0,68
16	3	0,86	0,62	0,7	0,67
17	5	0,87	0,63	0,71	0,6
18	4	0,88	0,65	0,72	0,7
19	3	0,89	0,60	0,73	0,71
20	6	0,9	0,58	0,74	0,62
21	3	0,91	0,61	0,76	0,63
22	6	0,85	0,57	0,7	0,64
23	4	0,86	0,53	0,71	0,65
24	5	0,87	0,62	0,72	0,68
25	6	0,88	0,64	0,76	0,7
26	5	0,89	0,53	0,75	0,75
27	4	0,9	0,58	0,76	0,76
28	3	0,91	0,59	0,7	0,69
29	5	0,87	0,60	0,72	0,64
30	4	0,89	0,62	0,71	0,63

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) – это определение меры рационального потребления этих ресурсов на единицу продукции установленного качества. Основная задача нормирования энергопотребления как составной части энергетического менеджмента – обеспечить применение в производстве методов рационального распределения и эффективного использования энергоресурсов.

Норма расхода ТЭР позволяет:

- планировать потребность ТЭР на производство определенного количества продукции;
- анализировать работу предприятия и его подразделений путем сопоставления норм и фактических удельных расходов ТЭР;
- определять удельную энергоемкость данного вида продукции;
- сравнивать энергоемкость одноименного продукта, производимого разными способами.

В основе составления норм расхода ТЭР лежит анализ энергетических балансов промышленных предприятий.

Нормы расхода топлива различаются по степени агрегации на:

- индивидуальные нормы расхода ТЭР – это нормы расхода на производство единицы определенного продукта, изготавливаемого определенным способом на конкретном оборудовании;
- групповые нормы расхода ТЭР – это нормы расхода на производство единицы одноименной продукции, изготавливаемой по различным технологическим схемам, на разнотипном оборудовании, из различного сырья.

Нормы расхода топлива по составу расходов различаются на:

- технологические нормы расхода ТЭР – это нормы расхода на основные и вспомогательные технологические процессы производства данного вида продукции;
- общепроизводственные нормы расхода ТЭР – это нормы, которые учитывают расходы энергии на основные и вспомогательные технологические процессы, на вспомогательные нужды производства, а также технически неизбежные потери энергии в преобразователях, тепловых и электрических сетях предприятий, отнесенные на производство данной продукции.

Индивидуальная норма расхода ТЭР на технологический процесс определяется по соотношению

$$\dot{I}_{\dot{E}} = \sum_{i=1}^m e_i, \quad (8.1)$$

где e_i – статьи расхода на технологический процесс, по которым подсчитывается норма;
 m – количество статей расхода.

Групповая норма расхода ТЭР определяется по соотношению

$$\dot{I}_{\dot{A}D} = \sum_{j=1}^k T_j^i \cdot d_j, \quad (8.2)$$

где \dot{O}_j^i – технологическая цеховая норма расхода энергоресурсов на технологический процесс производства продукции в j -м предприятии;
 d_j – удельный вес j -й составляющей в общем объеме производства продукции;
 k – количество предприятий.

Удельный вес j -й составляющей в общем объеме производства продукции определяется по формуле

$$d_j = \frac{V_j}{V}, \quad (8.3)$$

где V_i – объем производства продукции на i -ом предприятии;
 V – общий объем производства продукции всех предприятий.

Технологическая цеховая норма расхода ТЭР определяется по формуле

$$\dot{O}_j^i = \frac{\dot{I}_{\dot{E}}}{V_j}, \quad (8.4)$$

где \dot{O}_j^i – технологическая цеховая норма расхода энергоресурсов на технологический процесс производства продукции в j -м предприятии;

N_{II} – индивидуальная норма расхода ТЭР на технологический процесс;

V_j – объем производства продукции в j -м предприятии.

ЗАДАЧА. Определить индивидуальные технологические нормы расхода ТЭР на предприятиях. Определить групповую технологическую норму. Сделать выводы относительно энергоэффективности технологических процессов. Исходные данные для решения выбрать из таблицы 8.1.

Порядок выполнения работы:

1. Определить индивидуальную норму расхода ТЭР на технологический процесс на каждом предприятии.
2. Определить технологическую цеховую норму расхода ТЭР на каждом предприятии.
3. Определить групповую технологическую норму.
4. Сделать выводы относительно энергоэффективности технологических процессов.

Таблица 8.1 – Исходные данные

№ п/п	Характеристика промышленных предприятий											
	Предприятие № 1				Предприятие № 2				Предприятие № 3			
	Затраты ТЭР на техпроцесс			Кол-во единиц продукции	Затраты ТЭР на техпроцесс			Кол-во единиц продукции	Затраты ТЭР на техпроцесс			Кол-во единиц продукции
	На основной техно- цесс, МДж	На разогрев и пуск обо- рудования, МДж	На плановые потери, МДж		На основной техно- цесс, МДж	На разогрев и пуск обо- рудования, МДж	На плановые потери, МДж		На основной техно- цесс, МДж	На разогрев и пуск обо- рудования, МДж	На плановые потери, МДж	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	10000	$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	20000	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	30000
2	$6 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	20000	$3 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	30000	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	40000
3	$7 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	30000	$4 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	40000	$5 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	50000
4	$8 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	40000	$5 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$	50000	$6 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	60000
5	$9 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	50000	$6 \cdot 10^7$	$9 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	60000	$7 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	70000
6	$4 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	5000	$1 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	15000	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	20000
7	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	15000	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	25000	$3 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	35000
8	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	8000	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	18000	$5 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	40000
9	$5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	15000	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	22000	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	32000

Окончание таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	$4 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	10000	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	18000	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	28000
11	$6 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	18000	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	23000	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	35000
12	$8 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	17000	$3 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	25000	$5 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	40000
13	$9 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	19000	$1 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	17000	$6 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	45000
14	$2 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	4000	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	21000	$7 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	50000
15	$1 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	5000	$5 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	27000	$8 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	55000
16	$3 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	7000	$2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	25000	$9 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	60000
17	$5 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	12000	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	25000	$2 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	25000
18	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	10000	$6 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	28000	$5 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	32000
19	$6 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	13000	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	22000	$4 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	33000
20	$4 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	11000	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	24000	$3 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	24000
21	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	9000	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	23000	$3 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	35000
22	$7 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	14000	$2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	19000	$5 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	38000
23	$6 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	13000	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	26000	$4 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	24000
24	$5 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	12000	$5 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	28000	$6 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	40000
25	$5 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	10000	$4 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	27000	$1 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	22000
26	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	6000	$7 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	27000	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	31000
27	$4 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	7000	$1 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	19000	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	25000
28	$8 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	15000	$2 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	18000	$3 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	30000
29	$6 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	15000	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	21000	$4 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	32000
30	$5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	13000	$4 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	20000	$5 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	35000

ЛИТЕРАТУРА

1. Маврищев, В. В. Основы общей экологии : учеб. пособие / В. В. Маврищев. – Мн.: Выш. шк., 2000. – 317 с.
2. Тимонова, Е. Т. Основы экологии и экономика природопользования : пособие для студентов экономических специальностей / Е. Т. Тимонова, И. А. Тимонов.; УО «ВГТУ». – 2-е изд., переработ. и доп. – Витебск, 2006. – 100 с.
3. Шимова, О. С. Основы экологии и экономика природопользования: учебник / О. С. Шимова, Н. К. Соколовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : БГЭУ, 2002. – 367 с.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Ленинград : Гидрометеиздат, 1987.
5. Андрижиевский, А. А. Энергосбережение и энергетический менеджмент : учеб. пособие / А. А. Андрижиевский, В. И. Володин. – Мн.: Выш. шк., 2005. – 294 с.
6. Закон Республики Беларусь об энергосбережении // Энергоэффективность. – 1998. – №7. – С. 2-5.
7. Ольшанский, А. И. Основы энергосбережения : курс лекций / А. И. Ольшанский, Н. В. Беляков ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – 233 с.
8. ТКП 45-2.04-153-2009. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Взамен СНБ 2.04.05–98 ; введ. 2010–01–01. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 100 с.
9. Проектирование и расчёт систем кондиционирования воздуха текстильных предприятий : методическая разработка к дипломному и курсовому проектированию для студентов специальности 1–50 01 01 «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов» дневной и заочной форм обучения / В. Я. Казарновский. – Витебск, 2004. – 92 с.