

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Энергоэффективные технологии на транспорте»

И. М. МОКРЕНКО, Л. В. ШЕНЕЦ

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

*Одобрено методической комиссией заочного факультета
в качестве учебно-методического пособия для студентов-заочников
специальности «Экономика и организация производства»*

Гомель 2014

УДК 502.3+621.311 (075.8)
ББК 20.1+31.19
М–74

Рецензент – декан факультета «Профориентация и довузовская подготовка» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» д-р техн. наук, профессор
А. Б. Невзорова

Мокренко, И. М.

М–74 Основы экологии и энергосбережения : учеб.-метод. пособие для студентов-заочников специальности «Экономика и организация производства» / И. М. Мокренко, Л. В. Шенец ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2014. – с.
ISBN 978-985-554-330-6

Приведены краткие сведения из теории по разделу курса «Основы экологии», в которых отражены природоохранные мероприятия и их экономическое обоснование, а также по разделу «Основы энергосбережения» с указанием основных мероприятий по сбережению и эффективному использованию электрической и тепловой энергии и их технико-экономическое обоснование. Даны варианты задач к контрольной работе и методические указания по их решению. Приведенные практические работы являются важнейшей составляющей учебного процесса для совершенствования общетеоретической подготовки будущего специалиста.

Предназначено для самостоятельной работы студентов-заочников по специальности «Экономика и организация производства».

УДК 502.3+621.311 (075.8)
ББК 20.1+31.19

ISBN 978-985-554-330-6

© Мокренко И.М., Шенец Л.В., 2014
© Оформление. УО «БелГУТ», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	
1 Общие требования к выполнению контрольной работы.....	
2 Варианты заданий к разделу «Основы экологии».....	
3 Варианты заданий к разделу «Основы энергосбережения».....	
4 Краткие сведения из теории и методические указания для решения задач по разделу «Основы экологии».....	
4.1 Охрана атмосферного воздуха. Основы нормирования загрязнения.....	
4.2 Охрана поверхностных вод и гидроэкосистем.....	
4.3 Экономическое обоснование природоохранных мероприятий.....	
4.4 Расчет социальной эффективности средозащитных затрат.....	
4.5 Стоимостная оценка лесных ресурсов.....	
5 Краткие сведения из теории и методические указания для решения задач по разделу «Основы энергосбережения».....	
5.1 Основные понятия раздела.....	
5.2 Транспортировка топлива. Расчет теплотехнических характеристик трубопровода.....	
5.3 Расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию зданий и горячее водоснабжение.....	
5.4 Техничко-экономическое обоснование внедрения энергоэффективных оконных блоков из ПВХ.....	
5.5 Техничко-экономическое обоснование замены светильников в помещении...	
Приложение А	
Приложение Б	
Список литературы.....	

ВВЕДЕНИЕ

«Каждый человек имеет право на благоприятную окружающую среду» гласит ст. 46 Конституции Республики Беларусь. Ряд принятых законодательных актов в области охраны окружающей среды направлены на обеспечение этого права человека. Охрана окружающей среды – неотъемлемое условие устойчивого экономического и социального развития государства. Это означает обеспечение должного качества среды, когда антропогенные факторы не выходят за пределы компенсаторных возможностей живого организма, достигаемого следующими мероприятиями: установлением нормативов на сбросы и выбросы для промышленных предприятий по конкретным веществам и их источникам; прогнозированием качества окружающей среды на основе математического моделирования; контролем и мониторингом состояния окружающей среды.

Экономическое стимулирование природоохранной деятельности заключается в создании у природопользователей непрерывной заинтересованности в осуществлении мер экологического характера. Экономический механизм природопользования в идеале санкциями и штрафами должен не только противодействовать нарушениям установленных правил и норм, но и поощрять предприятия и лиц, ведущих активную и действенную борьбу за сохранение и оздоровление окружающей природной среды.

Потребности увеличивающегося населения непрерывно растут, и для их удовлетворения необходимо все больше энергии и материалов, для добычи и производства которых нужна энергия. Все это оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды и уже привело к появлению глобальных экологических проблем.

Основной целью энергетической политики республики является поиск путей и формирование механизмов оптимального развития и функционирования отраслей топливно-энергетического комплекса, а также техническая реализация эффективного энергообеспечения всех отраслей экономики и населения, что способствует производству конкурентоспособной продукции и достижению стандартов уровня и качества жизни высокоразвитых государств при сохранении экологически безопасной окружающей среды.

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа является важнейшей составляющей учебного процесса для совершенствования общетеоретической подготовки будущего специалиста.

Контрольная работа включает два раздела:

- основы экологии;
- основы энергосбережения.

Каждый студент выполняет индивидуальное задание по исходным данным, используя две последние цифры зачетной книжки.

Каждый раздел контрольной работы должен содержать один теоретический вопрос и три задачи. Теоретический вопрос должен охватывать информацию по заданному вопросу объемом не более трех полных листов формата А4. Задание следует выбирать, используя первую либо вторую цифру номера варианта.

Справочные данные, необходимые для решения задач, приведены в приложении А или в справочной литературе [2–8].

Контрольная работа оформляется на листах формата А4 компьютерным набором.

Абзацы в тексте следует начинать отступом 15–17 мм.

Текст контрольной работы необходимо разделить на разделы. Каждый раздел работы рекомендуется начинать с нового листа.

В контрольной работе на первом листе помещают содержание, включающее номера и наименования разделов и подразделов с указанием номеров листов. На последнем листе приводят список используемой литературы.

Оформление контрольной работы должно соответствовать ГОСТ 2.105–95.

Пример оформления работы приведен в приложении Б.

2 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ «ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ»

Задание 1 (для всех вариантов). Выбрать в соответствии с первой цифрой номера варианта теоретический вопрос (таблица 1).

Таблица 1 – Теоретические вопросы к разделу «Основы экологии»

1-я цифра номера варианта	Теоретический вопрос к разделу
0	Региональные экологические проблемы Республики Беларусь
1	Мероприятия по защите атмосферного воздуха от загрязнений, проводимые на предприятиях Республики Беларусь
2	Мониторинг, учет и контроль в сфере природопользования и охраны окружающей среды
3	Определение экологически <i>более чистого производства</i> (БЧП). Примеры практических подходов БЧП
4	Направления деятельности предприятий, предназначенные для снижения негативного воздействия на окружающую среду в результате их экономической деятельности
5	Экономическое стимулирование природоохранной деятельности
6	Основные законодательные акты Республики Беларусь в области охраны окружающей среды, ответственность за нарушение природоохранного законодательства
7	Международное сотрудничество в природоохранной сфере
8	Штрафные санкции и возмещение ущерба, нанесенного окружающей среде
9	Экологический паспорт предприятия

Задание 2 (первая цифра номера варианта 0, 2, 4, 6, 8). Рассчитать величину предельно допустимого выброса (ПДВ) загрязняющего вещества в районе его выброса при нормальных метеорологических условиях, используя исходные данные из таблицы 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета предельно допустимого выброса загрязняющего вещества

Показатель	2-я цифра номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Массовый выброс вещества M_v , г/с	36	60	200	60	55	70	98	50	40	60
Высота источника H , м	30	40	33	35	35	40	16	35	30	36
Диаметр трубы D , м	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,4	1,4	1,2	1,4	1,4
Средняя скорость газозвушной смеси v_{cp} , м/с	10	8	11	14	7	9	10	8	9	11
Температура газозвушной смеси T_r , °С	125	120	130	135	115	130	155	140	125	140
Температура воздуха T_b , °С	21	21	16	21	21	23	23	23	23	23
Время работы оборудования t , ч/год	7665	4000	7400	2000	5500	6350	5800	4300	7000	2700
Загрязняющее вещество	SO ₂	NO ₂	CO	Сажа*	NO	NO ₂	CO	тчс**	SO ₂	NO
Фоновая концентрация C_f , мг/м ³	0,2	0,02	0,9	0,05	0	0,01	3	–	0,25	–
Величина F , учитывающая скорость оседания вредных веществ в воздухе	1	1	2	1	3	2	2	1	1	3
* Сажа – углерод черный. ** тчс – твердые частицы суммарно.										

Задание 3 (первая цифра номера варианта 1, 3, 5, 7, 9). Рассчитать величину предельно допустимого сброса (ПДС) сточных вод вне черты населенного пункта с учетом степени возможного разбавления этих вод водой водного объекта, используя данные таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета предельно допустимого сброса сточных вод

Показатель	Сумма цифр номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход воды в реке Q , м ³ /с	2,5	5,0	7,5	6,0	5,0	4,5	4,0	3,0	3,0	5,0
Расход сточных вод g , м ³ /с	0,25	0,5	0,75	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3
Коэффициент смешения a	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1

Окончание таблицы 3

Показатель	Сумма цифр номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах:										
$C_{\text{исх}}^{\text{азот}}$, мг/л	15,0	20,0	25,0	25,0	20,0	19,0	20,0	30,0	20,0	20,0
$C_{\text{исх}}^{\text{фосфор}}$, мг/л	2,0	0,4	0,2	5,0	4,5	3,0	2,0	2,0	2,0	0,1
$C_{\text{исх}}^{\text{калий}}$, мг/л	70,0	65,0	100,0	95,0	100,0	105,0	85,0	80,0	80,0	80,0

Задание 4 (первая цифра номера варианта 0, 2, 4, 6, 8). Определить эффективность природоохранных затрат в мероприятия по защите атмосферного воздуха от загрязнений, используя исходные данные из таблицы 4 и задания 2 (расчет условный).

Таблица 4 – Исходные данные для определения эффективности воздухоохраных мероприятий

Показатель	Сумма цифр номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Капитальные затраты К, тыс. руб.	50	55	40	80	120	130	40	50	150	180
Текущие затраты С, тыс. руб./год	15	12	2,5	10	30	50	20	13	26	25
Дополнительный доход Д, тыс. руб.	7	5	4	8	5,5	40	4	5	30	45
Примечание – Распределение зоны активного загрязнения (ЗАЗ): – поселки со средней административной плотностью населения этой части ЗАЗ, $n = 20$ чел/га, 10 %; – орошаемые пашни, 30 %; – леса I группы, 40 %; – дачные товарищества, 20 %.										

Задание 5 (первая цифра номера варианта 1, 3, 5, 7, 9). Определить эффективность затрат в водоохранные мероприятия, используя данные из таблицы 5 и задания 3 (расчет условный).

Таблица 5 – Исходные данные для определения эффективности водоохраных мероприятий

Показатель	Сумма цифр номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Капитальные затраты К, тыс. руб.	2000	1045	900	1900	1095,5	2100	1010	900	1750	1071,8

Окончание таблицы 5

Показатель	Сумма цифр номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Текущие затраты С, тыс. руб./год	130	98	82	152	145	160	75	50	150	117,9
Для всех вариантов: Π_i (стоимость i -го биогенного вещества): $\Pi_{\text{азот нитратный}} = 102 \text{ руб./т}$, $\Pi_{\text{фосфор}} = 12 \text{ руб./т}$, $\Pi_{\text{калий}} = 500 \text{ руб./т}$; $C_{\delta i}$ (стоимость затрат на внесение i -го биогенного вещества) – 1,182 руб./т; $\Delta U_{\text{ур}i}$ (стоимость прибавки урожая, приходящейся на 1 т i -го биогенного вещества) – 631 руб./т; безразмерная константа для различных водохозяйственных участков $\delta k = 1,5$.										

Задание 6 (для всех вариантов). Определить социальную эффективность средозащитных затрат в реконструкцию очистных сооружений завода, используя данные из таблицы 6.

Таблица 6 – Исходные данные для расчета социальной эффективности средозащитных затрат

Показатель	Сумма цифр номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Капитальные вложения K , млн руб.	200	800	1000	10	100	430	1500	150	650	790
Текущие затраты C , млн руб./год	8	40	6	5,5	10	15	55	5	13	25
Оценка единицы продукции Π , тыс. руб./ тыс. шт.	220	1200	950	200	50	150	540	400	380	360
Количество человеко- дней работы, приходящаяся на одного работника до и после проведения природо- охранного мероприя- тия соответственно: P_1 P_2	255 259	260 264	265 270	270 273	260 265	250 258	240 247	250 257	260 265	250 253
Среднее количество дней лечения одного больного амбулаторно и в стационаре: D_A D_C	9 4	8 3	7 4	6 3	7 4	8 4	9 7	10 5	5 3	10 5
Количество больных, чел. B_A B_C	2 4	3 5	4 3	5 4	2 5	1 2	5 5	4 4	4 3	2 3

Окончание таблицы 6

Показатель	Сумма цифр номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средние затраты на лечение одного больного соответственно амбулаторно и в стационаре, тыс. руб.:										
Z_A	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Z_C	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Средний размер пособия (оплата больничного) на одного заболевшего $B_{П}$, тыс. руб.	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Чистая продукция на один человеко-день работы $П_{ч}$, тыс. руб.	240	250	60	150	200	150	430	130	264	420

3 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К РАЗДЕЛУ «ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»

Задание 1 (для всех вариантов). Выбрать в соответствии со второй цифрой номера варианта теоретический вопрос (таблица 7).

Таблица 7 – Теоретические вопросы к разделу «Основы энергосбережения»

2-я цифра номера варианта	Вопрос к разделу
0	Сущность энергосбережения. Основные понятия. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь
1	Виды, способы получения, преобразование и использование энергии
2	Принцип работы ветроэнергетической установки. Использование ветроэнергетики в Республике Беларусь
3	Преобразование солнечной энергии в тепловую и электрическую энергии. Применение в Республике Беларусь
4	Принцип работы гидроэлектростанции. Гидроэнергетика в Республике Беларусь
5	Энергоэффективное освещение
6	Организация энергосбережения в Республике Беларусь. Структура управления энергосбережением
7	Тепловые потери в зданиях и сооружениях
8	Энергосбережение в быту: рациональное использование и снижение потерь тепловой и электрической энергии
9	Атомная энергетика в Республике Беларусь

Задание 2 (вторая цифра номера варианта 0, 2, 4, 5, 7). Произвести пересчет всего количества натурального топлива в количество условного топлива, используя данные из таблицы 8.

Таблица 8 – Расход натуральных топлив на предприятии

1-я цифра номера варианта	Вид топлива	Количество, т (м ³)									
		Сумма цифр номера варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	Дрова смешанные	20	4	18	30	15	45	6	10	38	50
1	Торф (30% влажности)	50	8	40	15	35	7	25	1	13	5
2	Бурый уголь	3	6	10	8	15	20	25	40	80	60
3	Природный газ	15	2	40	7	64	29	81	54	23	21
4	Антрацит	9	10	20	54	71	48	30	24	53	98
5	Сланец	6	3	8	4	6	7	10	5	1	12
6	Спирт этиловый	12	10	5	9	40	30	35	45	20	7
7	Древесный уголь	10	7	9	16	29	17	31	32	46	20
8	Нефть	5	43	38	99	39	17	14	24	3	28
9	Мазут	8	2	7	6	3	16	17	13	19	20
2-я цифра номера варианта	Вид топлива	Количество, т (м ³)									
		Сумма цифр номера варианта									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	Каменный уголь марки ПЖ (Донбасс)	15	50	4	20	45	6	18	38	13	30
1	Кокс металлургический	35	5	8	50	7	25	40	13	76	15
2	Бензин	15	60	6	3	20	25	10	80	34	8
3	Толуол	64	21	2	15	29	81	40	23	68	7
4	Доменный (колошниковый газ)	71	98	10	9	48	30	20	53	42	54
5	Коксовый газ	6	12	3	6	7	10	8	1	4	4
6	Сжиженный газ (технический пропан)	40	7	10	12	30	35	5	20	3	9
7	Торф (30 % влажности)	29	20	7	10	17	31	9	46	14	16
8	Дрова смешанные	39	28	43	5	17	14	38	3	58	99
9	Сжиженный газ (технический бутан)	3	20	2	8	16	17	7	19	10	6

Задание 3 (вторая цифра номера варианта 1, 3, 5, 7, 9). Рассчитать удельные потери тепловой энергии в теплопроводе для четырех вариантов изоляции. Начертить эскиз сечения теплопровода с указанием всех размеров. Сделать анализ полученных результатов (таблица 9).

Таблица 9 – Исходные данные для расчета теплопотерь трубопровода

1-я цифра номера варианта	Наружный диаметр трубопровода d_n , мм	Толщина трубы $D_{тр}$, мм	Толщина изоляции из ППУ $D_{из\text{ ППУ}}$, мм	Толщина изоляции из минераловаты $D_{из\text{ см}}$, $D_{из\text{ вм}}$, мм
0	57	3	40	40

Окончание таблицы 9

1-я цифра номера варианта	Наружный диаметр трубопровода $d_{из}$, мм	Толщина трубы $d_{тр}$, мм	Толщина изоляции из ППУ $d_{из ппу}$, мм	Толщина изоляции из минераловаты $d_{из см}$, $d_{из вл}$, мм
1	76	3	50	50
2	159	4,5	90	80
3	194	5	100	90
4	45	2,5	30	40
5	377	9	150	120
6	89	3,5	70	60
7	108	3,5	80	70
8	219	5	120	100
9	480	6	170	150

Для всех вариантов коэффициент теплопроводности составляет:
 – стальной трубы – $\lambda_{тр} = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$,
 – пенополиуретана (ППУ) – $\lambda_{из ппу} = 0,027 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$,
 – сухой минераловаты – $\lambda_{из см} = 0,055 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$,
 – влажной минераловаты – $\lambda_{из вл} = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$,
 – кожуха предварительно изолированной трубы – $\lambda_{к} = 0,28 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.
 Толщина кожуха ПИ-трубы $d_{к} = 3 \text{ мм}$.

Результаты представить в виде таблицы 10.

Таблица 10 – Результаты расчета теплотерь трубопровода

Материал изоляции	Толщина изоляции $d_{из}$, м	Удельные потери теплоты по длине трубопровода q_l , Вт/м
1 Пенополиуретан		
2 Сухая минераловата		
3 Влажная минераловата		
4 Изоляция отсутствует	0	

Задание 4 (вторая цифра номера варианта 0, 1, 2, 3, 4). Выполнить расчет расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение зданий, используя данные из таблицы 11.

Таблица 11 – Данные для расчета расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Сумма цифр номера варианта	Вид здания	Объем здания по наружному обмеру $V_{зд}$, тыс. м ³	Область*	Единица измерения, N	Время работы вентиляции n, ч/сут	Количество дней работы вентиляции и использования горячей воды $T_{в}$, $T_{г.в}$
0	Пансионат с душами во всех отдельных номерах	3	В	85 проживающих	–	365

Окончание таблицы 11

Сумма цифр номера варианта	Вид здания	Объем здания по наружному обмеру $V_{зд}$, тыс. м ³	Область*	Единица измерения, N	Время работы вентиляции n , ч/сут	Количество дней работы вентиляции и использования горячей воды $T_{в}, T_{г.в}$
1	Больница инфекционная	5	Гр	80 койко-мест	10	365
2	Поликлиника	2	В	35 больных в смену	8	252
3	Общежитие с душевыми при всех жилых комнатах	1,5	Б	160 жителей	–	365
4	Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей со столовыми, работающими на полуфабрикатах	1	Г	60 детей	6	252
5	Административное здание	0,5	М	26 человек	8	252
6	Промтоварный магазин	0,2	В	5 работающих в смену	5	252
7	Гостиница с общими ванными и душами	5	Мг	150 проживающих	–	365
8	Кинотеатр	1	Мг	400 мест	6	365
9	Общежитие с душевыми с групповой установкой со смесителями	2	М	90 жителей	–	365

* М – Минская, Б – Брестская, Г – Гомельская, В – Витебская, Гр – Гродненская, Мг – Могилевская.

Задание 5 (вторая цифра номера варианта 5, 6, 7, 8, 9). Сделать технико-экономическое обоснование внедрения энергоэффективных оконных блоков из ПВХ, используя данные из таблицы 12.

Таблица 12 – Данные для расчета эффективности замены окон

Параметр	1-я цифра номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество окон, шт.	2	3	4	5	2	2	3	4	2	3

Окончание таблицы 12

Параметр	1-я цифра номера варианта										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Размер одного окна, мм	1310Ч 1520	1760Ч 1420	1460Ч 1400	1310Ч 1520	1910Ч 1520	2060Ч 1420	1420Ч 1470	1460Ч 1400	1760Ч 1420	1310Ч 1420	
Область*	М	Б	Г	В	Гр	Мг	М	Б	Г	В	
Среднесуточная температура наружного воздуха начала отопительного периода, °С	8	10	8	10	8	8	10	8	10	10	
Сопро- тивление теплопе- редаче $R_{т}$, $m^2 \cdot ^\circ C$ ч/ккал	новых окон	0,75	0,6	0,8	0,65	0,85	0,75	0,8	0,95	0,77	0,7
	суще- ствую щих окон	0,17	0,2	0,2	0,17	0,21	0,25	0,25	0,16	0,18	0,2
Высота здания, м	6	9,5	15,5	13	6	9,5	13	15,5	3	16,5	
Стоимость окна, у.е./1 окно	250	440	315	270	680	800	300	350	420	220	
Монтаж откосов, у.е./1 окно	25	30	35	30	40	45	40	35	27	20	
Для всех вариантов: ограждающие конструкции: наружные стены и покрытия; чердачные перекрытия с кровлей из штучных материалов; монтаж окна, 15 % от стоимости окна; * М – Минская, Б – Брестская, Г – Гомельская, В – Витебская, Гр – Гродненская, Мг – Могилевская.											

Задание 6 (вторая цифра номера варианта 0, 2, 4, 6, 8). Сделать технико-экономическое обоснование замены светильников в помещении, используя исходные данные из таблицы 13.

Таблица 13 – Исходные данные для расчета освещения

1-я цифра номера варианта	Длина помещения, м	Ширина помещения, м	Высота подвеса светильников, м	Нормативная освещенность согласно СНБ 2.04.05-98, лк	Коэффициент $k_{ав}$, учитывающий автоматизацию управления освещением
0	73,3	28,3	10,7	200	0,9
1	60	35	12	220	0,85
2	30	35	15	150	0,7
3	23	2,5	3	130	0,6
4	40	40	11	200	0,65
5	51	26,1	8,5	200	0,8
6	42	21	10	200	0,77
7	57	28	6	220	0,9
8	73	28	11	220	0,75
9	60	36	10	150	0,9

Задание 7 (вторая цифра номера варианта 1, 3, 6, 8, 9). Проведите сравнительный расчет годового расхода электрической энергии и оплаты за использованную электроэнергию для двух типов ламп (таблица 14). Установите, являются ли энергосберегающие лампы, установленные в подъездах и на лестничных клетках жилых домов, значительным резервом экономии электрической энергии. При вычислениях используйте тарифы на электроэнергию, а также стоимость ламп, действующие на дату расчета.

Таблица 14 – Исходные данные для расчета эффективности освещения

Сумма цифр номера варианта	Мощность лампы, Вт		Количество этажей в доме	Количество подъездов	Среднегодовая продолжительность горения ламп в сутки, ч
	накаливания	энергосберегающей			
0	40	8	9	6	12
1	45	9	5	4	24
2	35	7	6	5	14
3	40	8	7	3	15
4	60	12	5	5	8
5	75	15	9	1	10
6	45	9	5	6	12
7	60	12	10	2	16
8	75	15	9	8	14
9	60	12	5	4	9

4 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО РАЗДЕЛУ «ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ»

4.1 Охрана атмосферного воздуха. Основы нормирования загрязнения

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории Беларуси являются автотранспорт, объекты энергетики, промышленные предприятия, трансграничный перенос.

Атмосферный воздух – компонент природной среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений [1].

Загрязнением атмосферного воздуха называется поступление в атмосферный воздух, нахождение и (или) возникновение в нем в результате вредного воздействия на окружающую среду загрязняющих веществ, свойства, местоположение или количество которых приводят к отрицательным изменениям качества атмосферного воздуха, в том числе к превышению нормативов в области охраны атмосферного воздуха.

Превалируют выбросы от передвижных источников. В структуре национальных выбросов преобладают оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота и углеводороды.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух – поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выбросов.

Согласно прогнозу изменения окружающей природной среды Беларуси на 2010–2020 гг. в отношении регионального загрязнения прогнозируется снижение средних фоновых концентраций диоксида серы в атмосферном воздухе примерно на 1/3, содержание диоксида азота практически не изменится. Уровни концентраций этих веществ не будут превышать критических. Однако выпадения закисляющей серы и азота будут представлять угрозу для чувствительных экосистем [2].

В результате антропогенной деятельности в атмосфере происходит рост парниковых газов – диоксида углерода, метана, закиси азота, озона, хлор-

фторуглеродных соединений и др. Эти газы являются главным фактором современного потепления климата. Основным источником парниковых газов является сжигание углеродсодержащего топлива. Наибольший вклад в увеличение их содержания вносят энергетика – 65,5 %, жилой сектор – 11, транспорт – 9,5, промышленность – 7 и сельское хозяйство – 3,5 %.

К сожалению, ожидать уменьшения загрязнения воздуха в городах нет оснований. Поэтому разрабатываются *планы действий, национальные, отраслевые и местные программы, направленные на улучшение качества атмосферного воздуха*, которые охватывают ряд вопросов, таких как:

- установление потолков выбросов (национальных, местных) и технологических нормативов выбросов как ключевых инструментов воздухоохранной политики;

- использование при планировании и оценке воздухоохранных мероприятий эффективно ориентированных подходов, основанных на концепциях наилучших имеющихся технологий и критических нагрузок;

- использование современных экономических механизмов стимулирования охраны атмосферного воздуха;

- определение приоритетных отраслей, технологий, процессов, загрязнителей, воздействие на которые может обеспечить наивысший эффект;

- установление целевых критериев качества атмосферного воздуха и сроков их достижения;

- формулирование целей и разработку программ их достижения в отношении регионального (фонового) загрязнения и воздействия на экосистемы;

- региональное сотрудничество в области охраны атмосферного воздуха, активное участие в международных соглашениях, поддержку научных исследований, программ мониторинга и обмена информацией;

- улучшение нормативно-методического обеспечения управления качеством атмосферного воздуха, пересмотр критериев качества атмосферного воздуха (ПДК, ОБУВ), а также методик контроля, нормирования и учета выбросов;

- техническое переоснащение систем контроля источников выбросов и мониторинга загрязнения атмосферного воздуха для получения данных, сопоставимые с результатами мониторинга в странах Европы.

В отношении передвижных источников к первоочередным необходимо отнести меры по снижению выбросов автотранспорта: улучшение качества топлива, переход на его экологически чистые виды (газ), повышение технического уровня и состояния автомобилей. Необходима программа перехода на автомобили, соответствующие стандартам ЕЭК ООН (от Евро-1, Евро-2 и т.д. до Евро-6 в настоящее время). Только поднятие уровня транспортных средств до уровня Евро-1 позволит сократить выбросы оксидов азота, углеводородов и оксида углерода более чем в 5 раз.

Экологическое нормирование является эффективным инструментом управления природоохранной деятельностью, т.к. устанавливает допустимые уровни нагрузок на окружающую природную среду.

Согласно закону Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» нормирование в области охраны окружающей среды осуществляется в целях государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

Нормативы качества атмосферного воздуха – величины допустимых концентраций химических веществ, их смеси, микроорганизмов в атмосферном воздухе, при соблюдении которых не оказывается ни прямое, ни косвенное вредное воздействие, включая отдаленные последствия, на окружающую среду, здоровье человека.

Нормативы качества окружающей среды, нормативы допустимого воздействия на окружающую среду, а также иные нормативы в области охраны окружающей среды разрабатываются, утверждаются и вводятся в действие на основе современных достижений науки и техники с учетом международных правил и стандартов в области охраны окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются на уровне, обеспечивающем экологическую безопасность, и применяются для оценки состояния окружающей среды и нормирования допустимого воздействия на нее. К ним относятся нормативы: предельно допустимых концентраций химических и иных веществ; предельно допустимых физических воздействий; предельно допустимых концентраций микроорганизмов и др. [3].

В целях предотвращения вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности для природопользователей устанавливаются следующие виды нормативов допустимого воздействия на окружающую среду: допустимых выбросов и сбросов химических и иных веществ; образования отходов производства; допустимых физических воздействий (количество тепла, уровни шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий); допустимого изъятия природных ресурсов; допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух – максимальные величины поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества атмосферного воздуха.

Максимальная концентрация вещества в воде, воздухе и др., которая при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает в организме каких-либо патологических отклонений, а также неблагоприятных наследственных изменений у потомства называется **предельно допустимой концентрацией (ПДК)**.

ПДК_{м.р} (максимально разовая) вводится с целью предупреждения негативных рефлекторных реакций при кратковременном воздействии (обычно считается 20 мин.), поэтому пробы при контроле загрязненного воздуха такими веществами берутся однократно в течение 20 или 30 мин. в сутки.

ПДК_{с.с} (среднесуточная) вводится с целью предупреждения токсического действия, определяется несколько раз в течение суток (обычно 4 раза, иногда – каждый час).

ПДК_{р.з} (рабочей зоны) вводится для санитарной оценки воздушной среды предприятия.

Наряду с ПДК существуют временно допустимые концентрации – ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ), установленные расчетным путем, подлежащие в дальнейшем обязательной экспериментальной проверке.

Концентрация загрязняющего вещества, рассчитываемая по данным наблюдений за состоянием атмосферного воздуха конкретной территории и обусловленная влиянием всех источников выбросов на данной территории, включая трансграничное загрязнение атмосферного воздуха, называется **фоновой концентрацией загрязняющего вещества**.

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами определяется по наибольшей рассчитанной величине приземной концентрации вредных веществ C_m , мг/м³, которая может устанавливаться на некотором расстоянии от места выброса, соответствующая наиболее неблагоприятным метеорологическим условиям (НМУ).

Величина C_m не должна превышать величины ПДК данного вредного вещества в атмосферном воздухе [4]. При этом обязательно учитывается фоновая концентрация этого вещества от других источников $C_{\text{ф}}$, т.е. должно выполняться условие

$$C_m < \text{ПДК}_{\text{мр}} - C_{\text{ф}}, \quad (4.1)$$

где $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ – принимается по таблице А.1.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества, мг/м³, при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем для нагретых выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} \quad (4.2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия перемешивания примесей; он варьирует от 140 до 250; для условий Республики Беларусь равен 160;

M – количество вещества, выбрасываемого из источника в единицу времени, т.е. мощность выброса, г/с, или т/г;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе: для вредных газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т.п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) принимается равным 1; для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 %

принимается равным 2; при степени очистки пылегазовой смеси от 75 до 90 % – 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки – 3;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей и называемый *коэффициентом шероховатости*, который принимается равным 1 для ровной местности с перепадами высот не более 50 м на 1 км в радиусе до 50 высот источника выброса (условия Республики Беларусь), для других случаев определяется по дополнительным таблицам справочников;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b , °С;

V_1 – объем газовой смеси, поступающей от источника в атмосферу, м³/с,

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} v_{cp}; \quad (4.3)$$

v_{cp} – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с;

D – диаметр устья источника выброса, м.

Значения коэффициентов m и n зависят от параметров f , м/с², и v_m , м/с, которые вычисляются по следующим формулам:

$$f = 1000 \cdot \frac{v_{cp}^2 D}{H^2 \Delta T}; \quad (4.4)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}. \quad (4.5)$$

В результате величины коэффициентов m и n составят:

$$\text{при } f < 100 - \quad m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}; \quad (4.6)$$

$$\text{при } f > 100 - \quad m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}; \quad (4.7)$$

$$\text{при } v_m \geq 2 - \quad n = 1; \quad (4.8)$$

$$\text{при } 0,5 \leq v_m < 2 - \quad n = 0,532v_m^2 - 2,13v_m + 3,13; \quad (4.9)$$

$$\text{при } v_m < 0,5 - \quad n = 4,4v_m. \quad (4.10)$$

Расчитав максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_m , проверяем условие (4.1): если $C_m \leq \text{ПДК} - C_{\phi}$, то условие допустимости приземной концентрации вредного вещества выполнено.

Определяем предельно допустимый выброс, г/с,

$$\text{ПДВ} = \frac{C_m H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{AFm\eta}. \quad (4.11)$$

ПДВ (предельно допустимый выброс) – это научно-технический норматив, устанавливаемый из условия, что содержание загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы (на высоте 1,5–2,5 м от поверхности земли) от источника или их совокупности не превышало норматива качества воздуха (ПДК) для населения, животных, растений.

Если $C_m > \text{ПДК}$, то условие (4.1) не выполнено. В этом случае, заменив в формуле (4.11) максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_m на его ПДК с учетом фоновой концентрации C_ϕ , т.е.

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\phi) H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{AFm\eta}, \quad (4.12)$$

получим именно то предельное значение мощности выброса M , которое не позволит ни при каких условиях нарушить выражение (4.1) $C_m < \text{ПДК} - C_\phi$.

Ущерб от загрязнения атмосферы зависит от суммарной массы выбросов загрязняющих веществ в пределах данной территории, приведенной к единой токсичности, величины удельного ущерба от одной условной тонны выбросов и безразмерных коэффициентов, учитывающих характер и условия рассеивания выброшенных источником примесей, а также относительную опасность загрязнения атмосферного воздуха на территориях с различной плотностью и чувствительностью реципиентов [5].

В качестве основных реципиентов рассматриваются: население, объекты жилищно-коммунального хозяйства, животные, растения, сельскохозяйственные угодья, лесные ресурсы, рыбные ресурсы, рекреационные и лечебно-курортные ресурсы.

Экономическая оценка ущерба, причиняемого годовыми выбросами в атмосферный воздух для отдельного источника, руб./год,

$$Y = \gamma \delta F M_{\text{пр}}, \quad (4.13)$$

где γ – множитель, численное значение которого равно 24 руб./т;

δ – величина показателя относительной опасности загрязнения атмосферы над территориями различных типов, определяется по таблице 4.1;

$M_{\text{пр}}$ – приведенная масса годового выброса загрязнений из источника, т/год,

$$M_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^N A_i M_i; \quad (4.14)$$

A_i – показатель относительной агрессивности примеси i -го вещества,

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}_i}; \quad (4.15)$$

M_i – масса годового выброса примеси i -го вида в атмосферу, т/год;

N – общее число примесей.

$$M_i = Mt \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \quad (4.16)$$

t – время работы источника выделения загрязняющего вещества, ч/год.

Таблица 4.1 – Значение показателя относительной опасности загрязнения атмосферы над территориями различных типов

Тип загрязняемой территории	Значение показателя δ
Курорты, заповедники, национальные парки	10,0
Зеленые зоны, дачные товарищества	8,0
Населенные пункты с площадью населения n чел/га	$(0,1 \text{ га/чел}) n$
Леса I группы	0,2
Пашни орошаемые	0,5
Сады орошаемые	1,0

Показатель относительной опасности загрязнения атмосферы (δ) зависит от однородности зоны активного загрязнения (ЗАЗ), которая представляет собой кольцо, заключенное между окружностями с радиусами, вычисленными по формулам

$$R_{ЗАЗ}^{\text{вн}} = 2\varphi H; \quad (4.17)$$

$$R_{ЗАЗ}^{\text{внешн}} = 20\varphi H, \quad (4.18)$$

где H – высота источника выброса, м;

φ – безразмерная поправка на подъем факела выбросов в атмосферу

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75}, \quad (4.19)$$

Показатель относительной опасности загрязнения воздуха для всей ЗАЗ

$$\delta = \sum_{i=1}^K \frac{S_i}{S_{ЗАЗ}} \cdot \delta_i, \quad (4.20)$$

где δ_i – показатель относительной опасности загрязнения воздуха над i -ым типом территории (таблица 4.1);

K – общее число типов территорий, попавших в ЗАЗ;

$S_{ЗАЗ}$ – общая площадь ЗАЗ, га.

Контрольные вопросы

- 1 Что называется загрязнением атмосферы? Дать характеристику примеси.
- 2 Что такое «предельно допустимая концентрация» (ПДК) загрязняющего вещества?
- 3 Дать определение предельно допустимого выброса.
- 4 С какой целью устанавливаются нормативы допустимого воздействия на окружающую среду?
- 5 Назвать основной параметр для источника загрязнения атмосферы при установлении ПДВ.

4.2 Охрана поверхностных вод и гидроэкосистем

Водные ресурсы формируются за счет поверхностных и подземных вод. Поверхностные водные ресурсы Беларуси в силу трансграничности естественных водотоков складываются из стока, формирующегося в пределах страны, и трансграничного стока. Средний многолетний объем общего речного стока составляет 57,9 км³ в год, в том числе на долю местного стока приходится 59 % [2].

В связи с трансграничным характером практически всех крупных речных систем Республики Беларусь их гидрохимический режим формируется еще за пределами страны.

Загрязнение вод (водных объектов) – поступление в водный объект загрязняющих веществ, микроорганизмов и тепла, нарушающих природный состав и свойства воды [6].

На формирование качества природных вод оказывает влияние поступление загрязняющих веществ, во-первых, с поверхностным стоком в результате их смыва с сельскохозяйственных и урбанизированных территорий, животноводческих ферм и других источников воздействия, во-вторых, с атмосферными осадками, в-третьих, со сбрасываемыми сточными водами. Наиболее загрязнен поверхностный сток, формирующийся на застроенных территориях городов. Вызываемое ими загрязнение сопоставимо с загрязнением, оказываемым сточными водами, а по некоторым показателям даже превосходит его.

По количеству сбрасываемых сточных вод на первом месте находится жилищно-коммунальное хозяйство – 70 %, затем промышленность – 28 % и сельское хозяйство – 12 %.

В настоящее время очистка сточных вод крупных городов осуществляется по схеме *полной биологической очистки*. Некоторые **системы** водоотведения имеют **системы** доочистки, главным образом на биологических прудах с естественной аэрацией. Очистка сточных вод ряда малых населенных пунктов осуществляется на полях фильтрации, не имеющих сосредоточенного выпуска в поверхностные водные источники.

Вода питьевая (вода питьевого качества) – вода, которая по органолептическим свойствам, микробиологическому и химическому составу соответствует действующим санитарным нормам и правилам и безопасна для жизни и здоровья человека [7].

Вода сточная – вода, отводимая после использования её в хозяйственно-бытовой и производственной деятельности (кроме дренажной, карьерной, шахтной, рудничной), а также отводимая с застроенной территории, на которой она образовалась в результате выпадения атмосферных осадков.

Мероприятия по защите водных ресурсов от загрязнения определяются нормами охраны вод, т.е. установленными значениями показателей, содер-

жание которых обеспечивает экологическое благополучие водных объектов и необходимые условия для охраны здоровья населения, культурно-бытового водопользования.

Нормируемые значения устанавливаются для следующих параметров воды водоемов:

- содержание плавающих примесей;
- содержание взвешенных веществ;
- запах;
- привкус;
- окраска;
- температура воды;
- значение pH;
- состав и концентрации минеральных примесей;
- концентрация растворенного кислорода (БПК_{полн});
- предельно допустимые концентрации;
- состав ядовитых и вредных веществ;
- содержание болезнетворных бактерий.

При отсутствии значений ПДК временно устанавливаются величины *ориентировочно допустимых уровней* нормированных веществ (ОДУ). Они определяются расчетами или экспериментальными методами прогноза токсичности и применяются только на стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми и строящимися предприятиями, очистными сооружениями. Ввод предприятий, цехов, технологий в эксплуатацию возможен только при наличии ПДК веществ и методов их определения в воде [8].

При наличии в водном объекте нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими показателями вредности (ЛПВ) санитарные нормы выполняются, если

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1, \quad (4.21)$$

где m – количество вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ (принимать по таблице А.3);

C_i – концентрация i -го вещества в водном объекте, мг/л;

ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го вещества, мг/дм³ (принимать по таблице А.3).

В целях охраны водных объектов от загрязнения *не допускается сбрасывать в водные объекты сточные воды* (производственные, хозяйственно-бытовые, поверхностно-ливневые и т.д.), которые:

– могут быть устранены путем организации малоотходных производств, рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения после соответствующей очистки и обеззараживания в промышленности, городском хозяйстве и для орошения в сельском хозяйстве;

– содержат возбудители инфекционных заболеваний бактериальной, вирусной и паразитарной природы. Сточные воды, опасные по эпидемиологическому критерию, могут сбрасываться в водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания;

– содержат вещества (или продукты их трансформации), для которых не установлены гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций или ориентировочно допустимых уровней, а также отсутствуют методы их определения.

На основании расчетов для каждого выпуска возвратных вод устанавливаются ПДС веществ в водные объекты.

ПДС (предельно допустимый сброс) – масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

Нормативы ПДС рассчитываются, как правило, в целом по бассейну реки. Если природное фоновое содержание загрязняющих веществ в водном объекте по каким-либо показателям не обеспечивает нормативное качество воды в контрольном пункте, то ПДС по этим показателям устанавливается, исходя из условий соблюдения природного фонового качества воды в контрольном створе. **Контрольный створ** – условное поперечное сечение водного объекта, в котором производят комплекс работ с целью получения данных о показателях качества и концентрациях веществ в воде водного объекта.

Данные по фоновому составу воды водных объектов запрашиваются в местных комитетах природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Для каждого выпуска сточных вод и каждого загрязняющего вещества на основании расчетов устанавливаются нормы предельно допустимых сбросов веществ в водные объекты, соблюдение которых должно обеспечить нормативное качество воды в расчетном (контрольном) створе водного объекта.

ПДС в водный объект со сточными водами загрязняющих веществ определяется для всех категорий водопользования по формуле, г/ч,

$$\text{ПДС} = g_{\text{св}} C_{\text{св}}, \quad (4.22)$$

где $g_{\text{св}}$ – среднечасовой расход сточных вод (наибольший) за период его фактического сброса, м³/ч;

$C_{\text{св}}$ – концентрация загрязняющего вещества, сбрасываемого со сточными водами в водный объект, мг/дм³ (г/м³).

Для сбросов сточных вод вне черты населенного пункта концентрация загрязняющих веществ, мг/дм³, в них определяется с учетом степени возможного разбавления этих вод водой водного объекта и качества воды выше места сброса сточных вод:

$$C_{св}^{расч} = n(C_n - C_\phi) + C_\phi, \quad (4.23)$$

где n – кратность разбавления сточных вод;

C_n – нормативная концентрация загрязняющего вещества в воде водного объекта (контрольного створа) соответствующего вида водопользования, мг/дм³;

C_ϕ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водного объекта (до места выпуска сточных вод), мг/дм³.

Разбавление сточных вод – процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный их перемешиванием с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления

$$n = \frac{C_{св} - C_\phi}{C - C_\phi}, \quad (4.24)$$

где C – концентрация загрязняющих веществ в водоеме после выпуска сточных вод, мг/дм³ (г/м³).

Для водоемов с направленным течением кратность разбавления удобнее определять по формуле

$$n = \frac{aQ_b + g_{св}}{g_{св}}, \quad (4.25)$$

где a – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода воды в водоеме участвует в смешении, $a < 1$;

Q_b – наименьший среднемесячный расход воды в водоеме, м³/с;

$g_{св}$ – расход сточных вод, сбрасываемых в водоем, м³/с.

Для сбросов сточных вод в черте населенного пункта требования к составу и свойствам воды водного объекта должны относиться к самим сбрасываемым сточным водам:

$$C_b \leq C_n. \quad (4.26)$$

Нормативное содержание минеральных веществ (в том числе хлоридов и сульфатов) и БПК_{полн} в водном объекте определяется в соответствии с категорией водопользования (см. таблицу А.2).

Нормативное содержание взвешенных веществ в воде водного объекта, мг/дм³, составляет

$$C_n^{взв} = p + C_\phi^{взв}, \quad (4.27)$$

где p – допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водном объекте после сброса сточных вод (см. таблицу А.2), мг/дм³;

$C_\phi^{взв}$ – фоновая концентрация взвешенных веществ в водном объекте, мг/дм³.

Нормативная концентрация вредных веществ C_n^{bb} , мг/дм³, определяется с учетом их ЛПВ (обязательно выполнение соотношения (4.21)) и ПДК:

$$C_n^{bb} = \frac{\text{ПДК}^{bb}}{m}, \quad (4.28)$$

где ПДК^{bb} – ПДК вредного вещества в воде водного объекта (см. таблицу А.3), мг/дм³;

m – количество вредных веществ, относящихся к одному ЛПВ.

Необходимая степень (эффективность) очистки сточных вод от загрязнений пред сбросом в водный объект составляет

$$\Theta = \frac{C_{исх} - C_{св}}{C_{исх}} \cdot 100\%, \quad (4.29)$$

где $C_{исх}$ – исходная концентрация загрязнения в неочищенных сточных водах, мг/дм³.

Концентрация загрязнений в сточных водах, выпускаемых вне черты населенного пункта после очистки, рассчитывается по формуле (4.23) в том случае, когда фоновый уровень загрязнений не превышает нормативы $C_\phi \leq C_n$. Если фоновый уровень загрязнений выше нормативного ($C_\phi > C_n$), концентрация загрязнений в выпускаемых сточных водах принимается равной нормативному уровню ($C_{св} = C_n$), либо назначается из условия неухудшения сформировавшегося качества природной воды ($C_n < C_{св} \leq C_\phi$).

В случае, если рассчитанная по формуле (4.23) допустимая к сбросу концентрация загрязняющего вещества превышает концентрацию загрязнения в неочищенной сточной воде ($C_{св}^{расч} \geq C_{исх}$), то очистка по данному загрязнению не требуется и концентрация загрязняющего вещества, сбрасываемого со сточными водами в водный объект, принимается исходя из фактического состава: $C_{св} = C_{исх}$. Также не требуется очистка сточной воды, если содержание загрязняющего вещества в неочищенной сточной воде не превышает норматив ($C_{исх} \leq C_n$). Тогда допустимая концентрация загрязнения в сбрасываемой сточной воде определяется либо исходя из фактического состава ($C_{св} = C_{исх}$), либо в соответствии с нормативами ($C_{св} = C_n$).

Для попадающих под общие требования показателей состава и свойств сточной воды, таких как плавающие примеси (вещества), растворенный кислород, запахи, привкусы, окраска, температура, реакция Ph, возбудители заболеваний ПДС не определяются. Состав и свойства сточной воды по этим показателям должны удовлетворять требованиям, изложенным в Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения (см. таблицы А.2, А.3).

Состав экономического ущерба от загрязнения водных ресурсов биогенными веществами сельскохозяйственных источников определен в соответствии с общими рекомендациями методик и с учетом специфики воздействия биогенных веществ на водные биоценозы. Вследствие загрязнения водных источников водопользователи несут затраты на мероприятия по пре-

дотворачению воздействия загрязненной среды (в виде переноса водозабора к более «чистым», но менее эффективным источникам, строительство более сложной системы очистных сооружений при водопотреблении и т.д.).

Величина экономического ущерба, руб./год,

$$V = 400\delta k M_{\text{пр}}, \quad (4.30)$$

где 400 – множитель, руб./т;

δk – безразмерная константа для различных водохозяйственных участков;

$M_{\text{пр}}$ – приведенная масса годового сброса биогенных веществ в водохозяйственный участок, т/год.

Приведенная масса возможного годового сброса биогенных веществ, т/год,

$$M_{\text{при}} = A_i g_{\text{св}} CT \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \quad (4.31)$$

где A_i – показатель относительной агрессивности примеси i -го вещества, [см. формулу (4.15)];

C – концентрация биогенных веществ в сточных водах, мг/дм³;

T – длительность сброса сточных вод, сут.

Годовой прирост дохода от проведения водоохраных мероприятий на площадных источниках загрязнения (D) находится как разность между величинами возможных потерь в случае отказа от этих мероприятий ($\Pi_{\text{в}}$) и фактических (остаточных) потерь после их проведения ($\Pi_{\text{ф}}$), т.е.

$$D = \Pi_{\text{в}} - \Pi_{\text{ф}}. \quad (4.32)$$

Величина $\Pi_{\text{в}}$ складывается из стоимости потерянных (смытых) биогенных веществ, затрат на их внесение и величины недополученного урожая.

Годовой объем возможных потерь рекомендуется определять по формуле

$$\Pi_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n (\Pi_i + C_{\delta i} + \Delta Y_{\text{ур}}) m_{\text{ви}}, \quad (4.33)$$

где Π_i – стоимость i -го биогенного вещества, руб./т, (102; 12; 500 руб./т) соответственно N, P₂O₅, K₂O;

$C_{\delta i}$ – стоимость затрат на внесение i -го биогенного вещества, руб./т ($C_{\delta i} = 1,182$ за 1 т NPK);

$\Delta Y_{\text{ур}i}$ – стоимость прибавки урожая, приходящейся на 1 т i -го биогенного вещества ($\Delta Y_{\text{ур}i} = 631$ руб./т);

$m_{\text{ви}}$ – общая масса возможного годового сброса i -го биогенного вещества, т/год.

Величина предотвращенного экономического ущерба, руб./год,

$$\Pi_{\text{ф}} = Y_1 - Y_2, \quad (4.34)$$

где Y_1, Y_2 – соответственно величина экономического ущерба до и после проведения водоохранного мероприятия.

Контрольные вопросы

1 Какие значения нормированных параметров устанавливаются для воды водных объектов?

- 2 Дать определение «лимитирующему показателю вредности» и назвать их виды.
- 3 Что такое «предельно допустимый сброс» и на какой срок устанавливаются нормативы ПДС.
- 4 Назовите гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов.
- 5 Из чего складывается порядок расчета ПДС.

4.3 Экономическое обоснование природоохранных мероприятий

К природоохранным мероприятиям относятся все виды хозяйственной деятельности, направленные на снижение и ликвидацию отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду, сохранение, улучшение и рациональное использование природно-ресурсного потенциала страны.

Проектируемый и планируемый комплекс природоохранных мероприятий должен обеспечивать достижение цели – получение максимального народнохозяйственного экономического эффекта от улучшения состояния окружающей среды, сбережения и более полного использования природных ресурсов.

Степень достижения названной цели определяется с помощью показателей общего экологического и общего социально-экономического результатов природоохранных мероприятий.

Общий экологический результат заключается в уменьшении отрицательного воздействия на окружающую среду и улучшении ее состояния и проявляется в снижении объемов поступающих в среду загрязнений, увеличении количества и улучшении качества пригодных к использованию ресурсов [5].

Общий социально-экономический результат заключается в повышении уровня жизни населения эффективности общественного производства и увеличении национального богатства страны.

Показателем общей экономической эффективности затрат экологического характера является отношение объема полного годового экономического эффекта к сумме вызвавших этот эффект совокупных (приведенных) затрат:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\mathcal{E}_r}{C + E_n K}, \quad (4.35)$$

где \mathcal{E}_3 – общая эффективность природоохранных затрат;

\mathcal{E}_r – полный годовой экономический эффект;

C – текущие годовые затраты по содержанию и обслуживанию природоохранных объектов;

E_n – норматив эффективности капитальных вложений, (при среднем сроке окупаемости по народному хозяйству, равном 8,3 года, норматив эффективности капитальных затрат E_n устанавливается в размере 0,12);

K – капитальные вложения, определившие эффект.

Норматив E_n служит для приведения капитальных вложений к годовой размерности, поскольку

$$E_n = \frac{1}{T}, \quad (4.36)$$

где T – срок окупаемости капитальных вложений, лет.

Годовой эффект от проведенного мероприятия (\mathcal{E}_r) представляет собой предотвращенный экономический ущерб (Π) и дополнительный доход (\mathcal{D}) от улучшения производственной деятельности предприятий в условиях лучшей экологической обстановки:

$$\mathcal{E}_r = \Pi + \mathcal{D}; \quad (4.37)$$

$$\Pi = Y_1 - Y_2, \quad (4.38)$$

где Y_1 и Y_2 – величины ущерба до проведения природоохранных мероприятий и остаточного ущерба после осуществления мероприятий соответственно.

$$\mathcal{D} = \sum_{j=1}^n g_j Z_j - \sum_{i=1}^n g_i Z_i, \quad (4.39)$$

где g_j и g_i – количество продукции j и i -го видов, получаемых соответственно до и после осуществления оцениваемых мероприятий;

Z_j, Z_i – оценка единицы j и i -й продукции.

Экономическая эффективность капитальных затрат в природоохранные мероприятия, дающие годовой эффект,

$$\mathcal{E}_k = \frac{\mathcal{E}_r - C}{K}. \quad (4.40)$$

Полученный при этом коэффициент эффективности (\mathcal{E}_k) сравнивается с нормативным коэффициентом эффективности капитальных вложений (E_n). Рассматриваемое направление использования капитальных затрат считается эффективным, если выполняется условие $\mathcal{E}_k > E_n$ [5].

Контрольные вопросы

- 1 Какая цель должна достигаться природоохранными мероприятиями?
- 2 Из чего складывается общий экологический результат?
- 3 Как определить показатель общей экономической эффективности затрат на природоохранные цели?
- 4 Что такое полный годовой экономический эффект и как его определить?
- 5 Из чего складывается эффективность капитальных вложений в природоохранные мероприятия?
- 6 Какими затратами измеряется экономический ущерб от загрязнения водных ресурсов?
- 7 Как определить годовой доход от проведения водоохранных мероприятий?

4.4 Расчет социальной эффективности средозащитных затрат

Учитывая, что природоохранные затраты направлены на предотвращение не только экономического, но и социального ущерба от загрязнения окружающей среды, то необходимо рассчитывать и социальную эффективность экологических издержек.

Социальная эффективность – это, по сути, экономическая эффективность природоохранных затрат на предотвращение потерь чистой продукции вследствие заболеваемости, снижение выплат из фонда социального страхования, сокращение расходов общества на лечение трудящихся по причинам загрязнения окружающей среды и т.д. Другими словами, социальная эффективность – это та часть экономической эффективности, которая отражает результативность затрат, связанных с экологической нормализацией условий жизнедеятельности человека [5].

Показатель социальной эффективности (\mathcal{E}_c) определяется, как и общая экономическая эффективность, в виде отношения годового эффекта (в данном случае – социального) к совокупным экологическим затратам:

$$\mathcal{E}_c = \frac{\mathcal{E}_r}{C + E_{\text{н}}K}. \quad (4.41)$$

Социальный эффект охраны природы проявляется в снижении заболеваемости населения, улучшении условий труда и отдыха. Он непосредственно не имеет стоимостной формы, вместе с тем улучшение здоровья населения сопровождается рядом экономических результатов: экономией затрат на социальное страхование и лечение больных, ликвидацией потерь продукции за дни болезни и из-за снижения производительности труда и т.п. Таким образом, в общем виде социальный эффект \mathcal{E}_r можно определить через экономические показатели:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{\text{ч.п}} + \mathcal{E}_{\text{с.с}} + \mathcal{E}_{\text{з.л}} + \mathcal{E}_{\text{п.т}}, \quad (4.42)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ч.п}}$ – эффект от предотвращения потерь чистой продукции вследствие заболеваемости трудящихся из-за загрязнения среды;

$\mathcal{E}_{\text{с.с}}$ – эффект от сокращения выплат из фонда социального страхования (по больничным листам) в результате тех же причин;

$\mathcal{E}_{\text{з.л}}$ – эффект от сокращения затрат на лечение трудящихся в результате тех же причин;

$\mathcal{E}_{\text{п.т}}$ – эффект от повышения производительности труда вследствие нормализации экологической обстановки.

Расчеты составляющих социального эффекта природоохранных мероприятий осуществляются следующим образом. *Эффект от предотвращения потерь чистой продукции* вследствие заболеваемости из-за загрязнения среды

$$\mathcal{E}_{ч.п} = \text{БП}_ч(P_2 - P_1), \quad (4.43)$$

где Б – количество больных;

$\text{П}_ч$ – чистая продукция на один человеко-день работы;

P_1 и P_2 – количество человеко-дней работы на одного работника до и после проведения природоохранного мероприятия соответственно.

Эффект от сокращения выплат из фонда социального страхования:

$$\mathcal{E}_{с.с} = \text{БВ}_п(P_2 - P_1), \quad (4.44)$$

где $\text{В}_п$ – средний размер пособия (оплата больничного) на одного заболевшего.

Эффект от сокращения затрат государства на лечение трудящихся рассчитывается следующим образом:

$$\mathcal{E}_{з.л} = \text{Б}_а\text{Д}_а\text{З}_а + \text{Б}_с\text{Д}_с\text{З}_с, \quad (4.45)$$

где $\text{Б}_а$, $\text{Б}_с$ – число больных, лечившихся соответственно амбулаторно и в стационарах от заболеваний, вызванных загрязнением среды;

$\text{Д}_а$, $\text{Д}_с$ – среднее количество дней лечения одного больного амбулаторно и в стационаре;

$\text{З}_а$, $\text{З}_с$ – средние затраты на лечение одного больного соответственно амбулаторно и в стационаре.

Эффект от повышения производительности труда вследствие нормализации экологической обстановки

$$\mathcal{E}_{п.т} = T_2\text{Ц} - T_1\text{Ц}, \quad (4.46)$$

где T_1 и T_2 – количество продукции, получаемое соответственно до и после осуществления оцениваемого мероприятия;

Ц – оценка единицы продукции, руб.

Социальные эффекты и показатели социальной эффективности используются в качестве дополнительных к показателям экономического эффекта и эффективности и служат для определения фактического уровня и нормативов укрупненных показателей затрат, необходимых для достижения установленной величины снижения вредных выбросов (сбросов) и поддержания заданного состояния природной среды.

Контрольные вопросы

- 1 Дать определение социальной эффективности средозащитных затрат.
- 2 В чем проявляется социальный эффект и его экономические показатели?
- 3 Назначение социального эффекта и показателей социальной эффективности.

4.5 Стоимостная оценка лесных ресурсов

Лесные ресурсы используются по многим направлениям: эксплуатационное, средозащитное, эстетическое и др. Соответственно и экономическая оценка лесов должна проводиться с учетом всех функций, выполняемых ими.

Растения как единственные созидатели органической материи служат биоэнергетической основой функционирования всей биосферы. Среди растительных ресурсов планеты особое место занимают лесные формации.

Лес – уникальный элемент биосферы, сочетающий функции ресурса хозяйственной деятельности и поддержания благоприятной среды обитания.

Лесные ресурсы включают стволовые запасы древесины, недревесные ресурсы (живицу, пробку), кормовые, охотничье-промысловые, пищевые (грибы, ягоды, орехи и др.), лекарственные растения, а также общественно полезные и защитные ресурсоохраняющие функции [11].

Лесистость Беларуси колеблется от 10 до 60 % в различных районах республики. В породном составе преобладают хвойные насаждения (главным образом сосна) – 63,4 % и мягколиственные породы (береза, осина, ольха) – более 30 %. Запасы древесины на одного человека составляют 130,4 м³, что в 2,2 раза выше средневропейского уровня [29].

Ежегодный прирост древесины в Республике Беларусь составляет около 28 млн м³ [29].

Эксплуатационная и средозащитная ценность лесных ресурсов определяется по данным лесоустройства. Эксплуатационная ценность в пределах территории

$$\mathcal{E}_ц = \mathcal{E}_д + \mathcal{E}_п + \mathcal{E}_о + \mathcal{E}_др, \quad (4.47)$$

где $\mathcal{E}_д$, $\mathcal{E}_п$, $\mathcal{E}_о$, $\mathcal{E}_др$ – доход в результате использования лесного фонда соответственно для заготовки древесины, побочного использования, использования для нужд охотничьего хозяйства и других целей.

К побочному лесопользованию относятся: заготовка древесных соков, живицы, дикорастущих плодов, ягод, грибов, лекарственных растений, технического сырья, сена, а также размещение пасек, пастбищ и др.

Экономическая эффективность воспроизводства (выращивания) леса

$$K_{э.в} = \frac{T_з + T_к + T_{п.к} + T_п + P_{п.п} - C_с}{C_в}, \quad (4.48)$$

где $K_{э.в}$ – коэффициент эффективности выращивания леса;

$T_з$, $T_к$, $T_{п.к}$ – таксовая стоимость запаса в возрасте рубки насаждения, ликвида из кроны, древесных пней и корней соответственно;

$T_п$ – поступления от подсочки и побочных польвоований;

$P_{п.п}$ – продукция промежуточного пользования;

$C_с$ – эксплуатационные затраты на воспроизводство лесных ресурсов;

$C_в$ – себестоимость выращивания древостоя до возраста рубки.

В порядке лесовосстановления в разные периоды на территории Беларуси создавались искусственные насаждения (лесные культуры). Их общая

площадь в настоящее время составляет около 1,6 млн га, или 21,3 % покрытых лесом земель.

Экономическая оценка лесных ресурсов базируется на теории природной ренты [11]. Возрастающая на современном этапе развития общества лимитирующая значимость окружающей среды диктует необходимость выделения эколого-экономической ренты и перехода от чисто экономической оценки природных ресурсов к их эколого-экономической оценке.

Эколого-экономическая лесная рента включает полный народнохозяйственный эффект воспроизводства лесных ресурсов. Лесные ресурсы обладают целым рядом специфических свойств, отличающих их от иных естественных ресурсов, и выступают сложным объектом оценки. Эколого-экономическая лесная рента призвана отразить полный народнохозяйственный эффект воспроизводства лесных ресурсов, в том числе эффект от проявления экологических функций леса. Эколого-экономическая рента входит в виде сверхприбыли в цену конечного продукта природопользования и состоит из нижнего предела ренты (абсолютной ренты), отражающего дополнительный эффект от полного использования лесных ресурсов, и дифференциальной ренты, учитывающей дифференциацию экологической и экономической ценности лесных ресурсов, в том числе характер проявления полезных функций.

Поскольку эколого-экономическая рента зависит от эффекта воспроизводства ресурсов леса, она выступает величиной, производной от прибыли лесопroduкции. Тогда ее нижний предел

$$R' = CK_1K_R, \quad (4.49)$$

где C – себестоимость производства конечной продукции лесного комплекса;
 K_1 – коэффициент эффективности (рентабельности) продукции лесного комплекса;

K_R – рентный коэффициент.

Произведение (CK_1) есть нормативная прибыль конечной продукции лесного комплекса, которая с помощью рентного коэффициента (коэффициента эффективности капитальных вложений на прирост дополнительного эффекта) трансформируется в абсолютную ренту (отражающую эффект воспроизводства лесных ресурсов).

Определение *дифференциальной ренты* (R'') связано с коррекцией нижнего предела ренты по основным параметрам природно-производственного характера:

$$R'' = R'(K_2K_3K_4K_5 - 1), \quad (4.50)$$

где K_2 – коэффициент хозяйственной ценности древесной породы;

K_3 – коэффициент экологической ценности леса;

K_4 – коэффициент, учитывающий категории крупности древесины;
 K_5 – коэффициент, учитывающий расстояние вывозки древесины (до пункта потребления либо погрузочного пункта).

Окончательная формула для расчета полной оценки лесных ресурсов

$$O = \frac{\Pi K_1 K_R K_2 K_3 K_4 K_5}{1 + K_1 (1 + K_R K_2 K_3 K_4 K_5)} \cdot \frac{V}{(1 + E_D)(A_\phi - A)}, \quad (4.51)$$

где Π – цена на конечную продукцию лесного комплекса;

V – древесный запас;

E_D – норматив дисконтирования;

A_ϕ – фактический возраст рубки леса;

A – возраст конкретного насаждения.

Таким образом, при эколого-экономической оценке лесных ресурсов происходит учет всего эколого-экономического эффекта воспроизводства лесных ресурсов, а ценность полезных функций достигается благодаря использованию экологически обусловленного значения норматива дисконтирования и применению коэффициента экологической ценности леса (дифференцированных по группам и категориям защитности леса).

Сравнительный анализ полученных результатов с оценкой лесных ресурсов по действующим в Республике Беларусь таксам показывает, что эколого-экономическая оценка (8813,8 млн у.е.) превышает оценку по действующим таксам (2786,4 млн у.е.) примерно в 3 раза и представляет собой полный эффект воспроизводства лесных ресурсов.

Практический учет эколого-экономической оценки лесных ресурсов в хозяйственном механизме устойчивого природопользования Республики Беларусь будет способствовать не только внедрению новых подходов к анализу использования ресурсов леса и построению эффективной системы платежей за них внутри страны, но и приблизит отечественный учет лесных ресурсов к мировым стандартам [9,11].

Особую категорию оценок представляют собой *кадастровые оценки* лесных ресурсов, которые используются:

- для расчета размера платы, взимаемой за перевод лесных земель в нелесные земли для использования их в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и использованием лесным фондом, и (или) за изъятие земель лесного фонда;

- для определения размеров платежей за пользование участками лесного фонда;

- для оценки хозяйственной деятельности лесопользователей и лиц, осуществляющих ведение лесного хозяйства.

Кадастровой оценке подлежат участки лесного фонда, имеющие фиксированные границы и характеризующиеся определенным местоположением,

природными условиями, физическими параметрами, правовым и хозяйственным режимом.

Находящиеся на оцениваемом участке древостой, достигший возраста спелости и имеющий преимущественно эксплуатационное значение, оценивают по действующим ставкам лесных податей, установленных органами государственной власти. Ресурсы иных видов лесных пользований также оцениваются по соответствующим действующим ставкам лесных податей. Оценка зданий, сооружений, дорог и иных аналогичных улучшений, которые находятся на оцениваемом участке, производится в порядке, принятом для оценки подобного рода объектов.

Предметом кадастровой оценки лесов являются:

- кадастровая стоимость участков земель лесного фонда;
- кадастровая стоимость наличных древостоев, имеющих преимущественно эксплуатационное значение, но не достигших возраста спелости;
- кадастровая стоимость насаждений специального назначения (лесосеменных участков, лесосеменных плантаций и др.).

Кадастровая стоимость участков земель лесного фонда оценивается с учетом их функционального назначения, качества лесорастительных условий, размера, местоположения и других характеристик.

Оценка стоимости лесных земель, а также насаждений и прочих запасов лесных ресурсов определяется в зависимости от группы лесных насаждений, группы защитности лесов первой группы, класса бонитета лесных насаждений, удаленности лесных участков и других факторов. Оценки устанавливаются в зависимости от ставок лесных податей за определенный вид лесных ресурсов, с учетом варианта использования, а также поправочных коэффициентов (оборот рубки, удаленность участка и др.).

Одним из инструментов механизма обеспечения устойчивого управления лесами и лесными ресурсами является мониторинг. Информация, получаемая в процессе мониторинга лесных экосистем, является основой для принятия решений в области лесопользования и лесопользования.

5 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО РАЗДЕЛУ «ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»

5.1 Основные понятия

Энергосбережение – это организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленная на снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации [13].

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) – это совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в республике.

Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов – это использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов – это достижение максимальной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

В Республике введены нормативные показатели расхода по следующим видам ТЭР:

– электрическая энергия, кВт·ч (электрическая энергия является одним из наиболее совершенных видов энергии ввиду ряда достоинств);

– тепловая энергия, Мкал (тепловая энергия широко используется на современных производствах и в быту в виде энергии пара, горячей воды, продуктов сгорания топлива);

– котельно-печное топливо (КТП), кг у.т. (килограмм условного топлива).

Источники энергии делятся на невозобновляемые и возобновляемые.

Невозобновляемые источники энергии – это природные запасы вещества и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии. В первую очередь это ископаемые топлива и продукты их переработки: каменный и бурый уголь, сланцы, торф, нефть, природный и попутный газы. Это также отходы некоторых производств: металлургической промышленности, процессов химической и термохимической переработки углеводородсодержащего сырья.

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно действующих или периодически возникающих в окружающей среде потоков энергии: Солнца, движения воздуха (ветра) и воды (рек), тепловой энергии Земли, морей и океанов, биомассы (растений и животных), твердых бытовых отходов.

Весь комплекс первичных энергоресурсов, ограниченных определенной территорией, объединяется понятием **местные ТЭР** [14].

Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь включает:

- добычу торфа и производство торфобрикетов,
- нефтедобычу и нефтепереработку,
- запасы бурых углей и горючих сланцев.

Топливом называются горючие вещества, которые экономически целесообразно использовать для получения значительных количеств тепловой энергии.

По происхождению разделяют топливо:

- естественное (натуральное) или первичное, т.е. добываемое в природе;
- искусственное или вторичное, получаемое путем переработки естественных топлив или в результате переработки других веществ, в первоначальном виде не относящихся к топливу.

Естественное и искусственное топливо существует в нескольких агрегатных состояниях:

– **твердое** (естественное: уголь различных месторождений, торф, сланцы, дрова и др.; искусственное: при термохимической переработке натурального топлива получаем: древесный уголь, торфяной и угольный полукокс, кокс торфяной, кокс угольный; при механической обработке: брикеты из древесных опилок);

– **жидкое** (естественное: сырая нефть, мазут топочный; искусственное, полученное при термической обработке нефти и смол: бензин, лигроин, керосин, мазут; полученное при химической переработке натурального топлива: бензин, ДТ, спирт, бензол, толуол, коллоидное топливо);

– **газообразное** (естественное: природный газ, попутный; искусственное, полученное при термическом разложении нефти: нефтяные газы; полученные при химической переработке твердого топлива: генераторный газ, первичный газ, коксовый газ, газы синтез процессов).

Важной характеристикой топлива является **теплота сгорания** – количе-

ство теплоты, которое выделяется при полном сгорании единицы массы или объема топлива (Дж/кг, ккал/кг, Дж/м³).

Для сопоставления расхода различных реальных топлив на выработку единицы тепловой или электрической энергии введено понятие «**условное топливо**», для которого принята теплотворная способность (теплота сгорания) $Q_y = 7000 \text{ ккал/кг} = 29300 \text{ кДж/кг}$.

Величина, показывающая во сколько раз теплота сгорания данного топлива больше или меньше теплоты сгорания условного топлива, называется **тепловым эквивалентом** [15].

Реальные виды топлива переводятся в условное топливо с помощью *калорийных эквивалентов (тепловых эквивалентов)* (\mathcal{E}_T), которые представляют собой отношение низшей теплоты сгорания нормируемого вида топлива, Q_n , кДж/кг (кДж/м³), и условного Q_y .

$$\mathcal{E}_T = \frac{Q_n}{Q_y} = \frac{Q_n}{29300}, \quad (5.1)$$

где Q_n – низшая теплота сгорания реального твердого или жидкого, кДж/кг, либо газообразного, кДж/м³, топлива принимается по таблице А.4.

Перевод количества (расхода) рабочего (натурального) топлива B_n в условное B , т у.т. (тонн условного топлива) производят по формуле

$$B = \mathcal{E}_T B_n. \quad (5.2)$$

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение энергосбережению.
- 2 Приведите пример невозобновляемых источников энергии.
- 3 Дайте определение, что такое условное топливо.
- 4 С какой целью введено и используется понятие условного топлива?
- 5 По каким параметрам классифицируют натуральное топливо?

5.2 Транспортировка топлива.

Расчет теплотехнических характеристик трубопровода

Транспортировка топлива осуществляется с помощью наземного или водного транспорта и по трубопроводам. При транспортировке жидких и газообразных энергоносителей (нефти, природного газа, пара, горячей и холодной воды) по трубопроводам энергия затрачивается на преодоление гидравлического сопротивления.

Твердое топливо, если оно обладает большими значениями теплоты сгорания и плотности, целесообразно перевозить на большие расстояния с помощью железнодорожного, автомобильного или водного транспорта.

При перевозках топлива часть энергии тратится из-за неизбежных потерь массы, а другая часть потерь связана с ее расходом при работе транспортных средств.

Транспортировка тепловой энергии происходит, в большинстве случаев, по трубопроводам. Передача теплоты от источника потребителям осуществляется с помощью **системы теплоснабжения** – комплекса устройств по выработке, транспортировке и использованию теплоты, который включает источник, тепловую сеть и потребителей [16].

Источники – теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и котельные. ТЭЦ вырабатывают тепловую и электрическую энергию.

Тепловая сеть включает – систему трубопроводов (теплопроводов), по которым теплоноситель (горячая вода или пар) переносит теплоту от источника к потребителям и возвращается обратно к источнику.

Потребители – промышленность, ЖКХ, социальная среда.

Снабжение тепловой энергией потребителей (система отопления, вентиляция, горячее водоснабжение) состоит из трех взаимосвязанных процессов:

- выработка тепловой энергии;
- транспортировка теплоносителя;
- использование теплового потенциала теплоносителя.

Системы теплоснабжения могут быть централизованными и децентрализованными (местными).

Децентрализованным относят системы, в которых три основных звена объединены и находятся в одном либо смежных помещениях. При этом получение тепловой энергии и передача ее в окружающую среду обычно происходит в устройстве, расположенном в отапливаемых помещениях.

В централизованных системах теплота от одного источника подается в здания кварталов, районов.

Транспортирование тепловой энергии от источника до потребителя производится по тепловым сетям. Основные *элементы тепловых сетей*:

- трубопровод (состоит из стальных труб, соединенных между собой при помощи сварки);
- теплоизоляция (предназначена для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь);
- несущая конструкция (воспринимает вес трубопровода и нагрузки, возникающие при его эксплуатации).

Широкое применение в качестве теплоизоляционного материала трубопровода имеет стекловата и минераловата в виде матов либо цилиндров. Их используют для тепловой изоляции трубопроводов при надземной (на открытом воздухе, в подвалах, в помещениях) и подземной (в каналах, тоннелях)

лях) прокладках. Для утепления труб или конструкций, подверженных вибрациям, необходимы маты, усиленные металлической сеткой [17].

Средний срок службы магистральных отопительных сетей не превышает 12 лет (нормативный срок – 25 лет). А трубопроводы горячего водоснабжения исправно функционируют всего лишь от 2 до 5 лет.

Минераловата имеет ряд недостатков:

- сравнительно высокий коэффициент теплопроводности;
- возможное превышение норматива по фактическим теплопотерям уже через 7–12 мес. с начала эксплуатации;
- высокая влагопаропроницаемость;
- большой расход материала;
- большие трудозатраты при монтаже (в 2–3 раза выше, чем у ПИ-трубопроводов);
- низкая производительность (в 3–4 раза ниже, чем у ПИ-труб);
- сезонность проведения работ по устройству изоляции.

Пунктами 6 и 7 постановления Совета Министров Республики Беларусь от 27.12.2002 г. № 1820 “О дополнительных мерах по экономному и эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов” всем субъектам хозяйствования поручено при новом строительстве, капитальном ремонте или реконструкции тепловых сетей предусматривать проектами предварительно изолированные (ПИ) трубы в бесканальном исполнении.

Современный теплопровод изготавливается в заводских условиях. Трубу окутывают теплоизоляционным слоем из пенополиуретана, а сверху покрывают полиэтиленовой оболочкой, защищающей от влаги. Пенополиуретан (ППУ) – гидроизоляционный и теплоизоляционный материал, который имеет высокую прочность и малый вес, своеобразную структуру, благодаря чему имеет наименьший коэффициент теплопроводности по сравнению с другими теплоизоляционными материалами.

ПИ-трубопровод (рисунок 5.1) является весьма надежной и эффективной конструкцией, естественно при условии применения качественных материалов, качественного изготовления и монтажа.

Недостатки ПИ-трубопроводов:

- покровный слой ПИ-труб, выполненный из полиэтилена ($\rho = 950 \text{ кг/м}^3$) не может (в отличие от железобетонных каналов) играть роль несущей конструкции и защищать трубопровод от внешних нагрузок грунта и транспорта;
- наружная полиэтиленовая труба представляет собой паронепроницаемый покровный слой, который не позволяет влаге, проникшей в результате нарушения целостности во время эксплуатации, либо монтажа, испариться, из-за чего процесс коррозии будет более активным;
- высокая стоимость;

- не исключены дефекты по вине производителя (не всегда обеспечивается хорошая адгезия пены к стальной трубе и к оболочке, поэтому бывают случаи отслоения пены от стальной трубы или оболочки);

- отсутствие технологий переработки ПИ-труб после завершения периода эксплуатации тепловых сетей. Процесс отделения полиуретановой пены от стальной трубы очень сложен. Появится большое количество пены и полиэтиленовой оболочки для утилизации.

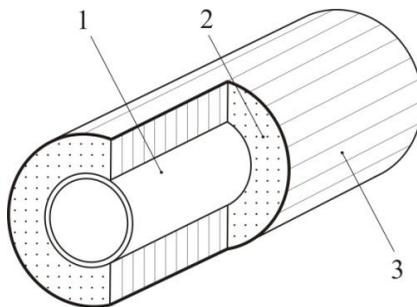


Рисунок 5.1 – Элемент ПИ-теплопровода:

1 – стальная труба; 2 – изоляция из ППУ;

3 – защитный кожух из пластмассы

Преимущества ПИ-труб:

- более низкие теплопотери, по сравнению с минераловатой;
- ниже трудозатраты при монтаже;
- быстрый демонтаж и доступ к поврежденным участкам;
- срок службы до 50 лет;
- более низкие эксплуатационные затраты, по сравнению с традиционной теплоизоляцией из минераловаты;

- наличие системы оперативно-дистанционного контроля (ОДК) позволяет установить и устранить возникающие дефекты трубопроводов и следовательно, предотвращать аварии, типичные для тепловых сетей других конструкций (в теплоизоляцию вмонтированы электрические проводники).

Характеристики теплоизоляционных материалов:

- звукоизоляция;
- теплопроводность;
- гидрофобность;
- плотность;
- эксплуатационные свойства.

Основной характеристикой теплоизоляционных материалов является коэффициент теплопроводности. Его величина зависит от вида и влажности применяемого материала.

Удельные потери теплоты на 1 м трубопровода определяются по известной формуле для трехслойной цилиндрической стенки, Вт/м,

$$q_l = \frac{\pi (t_{\text{тн}} - t_{\text{ос}})}{\frac{1}{\alpha_{\text{в}} d_{\text{вн}}} + \frac{1}{2\lambda_{\text{тр}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{вн}}} + \frac{1}{2\lambda_{\text{из}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{из}}}{d_{\text{н}}} + \frac{1}{2\lambda_{\text{к}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{к}}}{d_{\text{из}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{возд}} d_{\text{к}}}}, \quad (5.3)$$

где $t_{\text{тн}}$ – температура теплоносителя, °С;
 $t_{\text{ос}}$ – температура окружающей среды, °С;

- $\bar{b}_в$ – средний коэффициент теплоотдачи от воды к трубе, 4000 Вт/м²·°C;
- $d_{вн}, d_{н}, d_{из}, d_{к}$ – внутренний и наружный диаметры трубы, наружные диаметры изоляции и кожуха соответственно, м (рисунок 5.2);
- $\lambda_{тр}, \lambda_{из}, \lambda_{к}$ – коэффициенты теплопроводности трубы, изоляции и защитного кожуха, Вт/(м²·°C);
- $\bar{b}_{возд}$ – средний коэффициент теплоотдачи от кожуха к воздуху, 20 Вт/м²·°C;

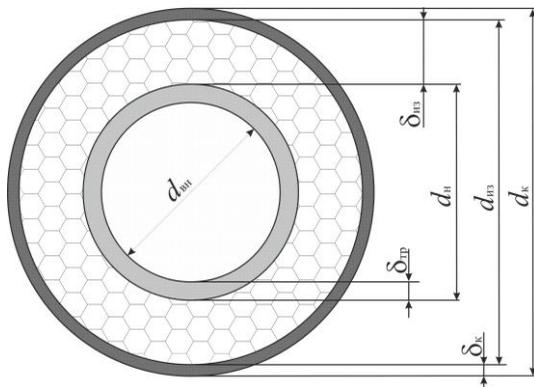


Рисунок 5.2 – ПИ-труба

5.3 Расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию зданий и горячее водоснабжение

При отоплении зданий тепловая энергия расходуется на возмещение потерь через наружные ограждения и теплопотерь с инфильтрацией (проникание наружного воздуха через неплотности в конструкциях и периодически открываемые двери) [18].

Расход тепловой энергии на отопление ($Q_{от}$, Гкал), вентиляцию помещений ($Q_{в}$, Гкал) и горячее водоснабжение ($Q_{г.в}$, Гкал).

$$Q = Q_{от} + Q_{в} + Q_{г.в}. \quad (5.4)$$

Годовой расход тепловой энергии на отопление зданий, Гкал,

$$Q_{от} = V_{зд} T \cdot 24(t_{вн} - t_{н}) \bar{b}_{от} \cdot 10^{-6}, \quad (5.5)$$

где $V_{зд}$ – объем здания по наружному обмеру, м³;

T – количество дней отопительного периода, принимается по таблице А.8;

$t_{\text{вн}}$ – внутренняя температура в помещениях в зависимости от назначения зданий, °С; принимается по таблице А.7;

$t_{\text{н}}$ – средняя наружная температура воздуха за отопительный период, °С; принимается по таблице А.8;

$b_{\text{от}}$ – удельная тепловая отопительная характеристика зданий, ккал/(ч·м³·°С); принимается по таблице А.5.

Годовой расход тепловой энергии на вентиляцию зданий, Гкал,

$$Q_{\text{в}} = V_{\text{зд}} T_{\text{в}} n (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) b_{\text{в}} \cdot 10^6, \quad (5.6)$$

где $T_{\text{в}}$ – количество дней работы системы вентиляции за год;

n – число часов работы вентиляции за сутки;

$b_{\text{в}}$ – удельная вентиляционная характеристика зданий, ккал/(ч·м³·°С); принимается по таблице А.5.

Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, Гкал,

$$Q_{\text{г.в}} = c T_{\text{г.в}} N n (t_{\text{г.в}} - t_{\text{х.в}}) \cdot 10^6, \quad (5.7)$$

где c – теплоемкость воды, ккал/(кг·°С);

$T_{\text{г.в}}$ – продолжительность использования горячей воды в год, сут;

N – показатель, на который устанавливается норматив водопотребления (количество человек, душевых, оборудования и т.д.);

n – норма расхода горячей воды, л/сут; принимается по таблице А.6;

$t_{\text{г.в}}$ – температура горячей воды, °С (расчетная температура горячей воды принята равной 55 °С);

$t_{\text{х.в}}$ – температура холодной воды, °С (температура холодной воды принята равной 5 °С зимой и 15 °С летом).

5.4 Технико-экономическое обоснование внедрения энергоэффективных оконных блоков из ПВХ

Экономический эффект от внедрения оконных блоков из ПВХ достигается за счет:

– увеличения термосопротивления оконных блоков и уменьшения расхода тепловой энергии на компенсацию потерь тепла;

– увеличения коэффициента воздухопроницаемости и уменьшения расхода тепловой энергии на нагревание наружного воздуха, поступающего путем инфильтрации через щели оконных проемов;

– увеличения срока службы и отсутствия эксплуатационных затрат (оклейка, покраска) [19].

Определение экономии тепловой энергии и топлива за счет внедрения мероприятия.

Расход тепловой энергии на компенсацию потерь тепла через оконные проемы, Гкал,

$$Q = Q_{от} + Q_{и}. \quad (5.8)$$

Основной годовой расход тепловой энергии на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции оконных проемов, Гкал,

$$Q_{от} = \frac{F_o}{R_T} t_{вн} - t_n n T_{от} \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \quad (5.9)$$

где F_o – площадь ограждающих конструкций оконных проемов, м²;

R_T – сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций оконных проемов, м²·°С ч/ккал;

$t_{вн}, t_n$ – температуры воздуха внутри помещения и наружного воздуха, °С; принимать по таблицам А.7, А.8;

n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающих конструкций оконных проемов по отношению к наружному воздуху; принять равным 1;

$T_{от}$ – длительность отопительного периода, сут; принимать по таблице А.8.

Добавочный годовой расход тепловой энергии на нагревание наружного воздуха, поступающего путем инфильтрации через щели ограждающих конструкций оконных проемов, Гкал,

$$Q_{и} = 0,24AGF_o t_{вн} - t_n T_{от} \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \quad (5.10)$$

где A – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока; для окон и балконных дверей с отдельными переплетами – 0,8, со спаренными переплетами – 1,0;

G – количество воздуха, поступающего в помещения жилых и общественных зданий путем инфильтрации через окна и балконные двери, кг/(м²·ч)

$$G = \frac{\Delta P}{R_{и} \cdot 10}, \quad (5.11)$$

ΔP – разность давления воздуха у наружной и внутренней поверхностей ограждающих конструкций оконных проемов, Па,

$$\Delta P = 0,55Hg \rho_{и} - \rho_{в} + 0,03\rho_{и}v_{ср}^2, \quad (5.12)$$

H – высота здания от поверхности земли до верха карниза, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$v_{ср}$ – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, м/с, принимать по таблице А.9;

$\rho_{и}$ и $\rho_{в}$ – плотность внутреннего и наружного воздуха, кг/м³,

$$\rho = \frac{353}{273+t}, \quad (5.13)$$

t – температура воздуха, снаружи либо внутри помещения, °С;
 $R_{и}$ – сопротивление воздухопроницанию оконных блоков, м²чПа/кг; принимать для существующих окон – 0,13 м²ч Па/кг, для новых окон – 0,5 м²чПа/кг.

Годовая экономия тепловой энергии от внедрения энергоэффективных оконных блоков из ПВХ, Гкал,

$$\Delta Q = Q_{\text{сущ}} - Q_{\text{зам}}, \quad (5.14)$$

где $Q_{\text{сущ}}$ – годовой расход теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через существующие ограждающие конструкции оконных проемов, подлежащие замене, Гкал;

$Q_{\text{зам}}$ – годовой расход теплоэнергии на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции оконных проемов, предлагаемые в качестве замены, Гкал.

Экономия топлива от снижения потребления тепловой энергии, т.у.т.,

$$\Delta B_{\text{тэ}} = \Delta Q \left(1 + \frac{k_{\text{пот}}}{100} \right) b_{\text{тэ}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.15)$$

где $k_{\text{пот}}$ – коэффициент потерь в существующих тепловых сетях (2 – 6 %);

$b_{\text{тэ}}$ – удельный расход топлива на производство тепловой энергии на теплоисточнике (175 кг у.т./Гкал).

Расчет срока окупаемости проводится по следующей методике.

Капиталовложения в мероприятие, тыс. руб.,

$$K = C_{\text{м}} + C_{\text{смп}}, \quad (5.16)$$

где $C_{\text{м}}$ – стоимость материалов (окон), тыс. руб.;

$C_{\text{смп}}$ – стоимость строительно-монтажных работ, тыс. руб.

Срок окупаемости мероприятия за счет экономии топлива, лет,

$$C_{\text{окуп}} = \frac{K}{\Delta B_{\text{тэ}} C_{\text{топл}}}, \quad (5.17)$$

где $C_{\text{топл}}$ – стоимость 1 т у.т., тыс. руб. (уточняется на момент составления расчета).

5.5 Технико-экономическое обоснование замены светильников в помещении

Для выбора необходимого по санитарно-гигиеническим требованиям светового потока источников света производится **светотехнический расчет по методу коэффициента использования** [20]. Коэффициент использова-

ния осветительной установки определяется в зависимости от формы кривой силы света (КСС) осветительного прибора, коэффициента отражения поверхностей и *индекса помещения* $i_{ц}$, вычисляемого по формуле

$$i_{\phi} = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (5.18)$$

где A – ширина освещаемой территории помещения, м;

B – длина освещаемой территории помещения, м;

H_p – высота подвеса светильников общего освещения над рабочей поверхностью, м.

Для рационального выбора светильников по критерию максимального использования их световых потоков на рабочих местах необходимо знать, насколько осветительный прибор (ОП) создает концентрированный световой поток. Фактическое распределение силы света светильника описывается кривой силы света (КСС).

Наиболее целесообразный тип светильника выбирается на основе полного технико-экономического сопоставления и анализа различных типов. От правильного выбора светильника и его размещения зависит не только качество освещения в помещении, но и эффективность использования электрической энергии на цели искусственного освещения.

Эффективность использования ОП при равномерном освещении помещения с той или иной КСС определяется отношением расстояния l между соседними ОП (или их рядами) к высоте H_p расположения ОП над расчетной поверхностью. Это отношение принято обозначать через l .

Предварительное *минимальное количество рядов осветительных приборов*

$$k_1 = \frac{A - 0,8H_p\lambda}{H_p\lambda} + 1, \quad (5.19)$$

Количество в ряду осветительных приборов

$$k_2 = \frac{B - 0,8H_p\lambda}{H_p\lambda d} + 1, \quad (5.20)$$

где d – отношение расстояний между ОП и рядами; принимается равным 1,2.

Минимальное количество осветительных приборов, рассчитанное по критерию неравномерности,

$$N = k_1 k_2. \quad (5.21)$$

Расчетный световой поток лампы, лм,

$$F_p = \frac{E^{\min} SkZ}{N\eta_c \eta_n}, \quad (5.22)$$

где E^{\min} – минимальная (нормируемая) освещенность помещения согласно СНБ 2.04.05-98 или отраслевым стандартам, лк;

S – площадь освещаемой территории, м²;

k – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности от запыления перекрытий помещения и рассеивателей ОП, а также от старения ламп по мере эксплуатации осветительной установки; обычно принимается: для ОП с газоразрядными лампами $k = 1,5$, для ОП с лампами накаливания $k = 1,3$, [21,22];

Z – поправочный коэффициент, равный отношению средней к минимальной освещенности на нормируемой плоскости; рекомендуется принимать: $Z = 1,15$ – для ламп накаливания (ЛН) и ламп типа дуговая ртутная лампа (ДРЛ), металогалогенная лампа (МГЛ), натриевая лампа высокого давления (НЛВД), компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) и т. п.; $Z = 1,1$ – для трубчатых люминесцентных ламп (ЛЛ) при расположении ОП в линию; $Z = 1$ – при отраженном освещении;

N – количество ОП;

z_c – коэффициент полезного действия осветительного прибора; принимается согласно паспортным данным на ОП или справочной литературе;

z – коэффициент использования осветительного прибора;

n – количество ламп в светильнике, шт.

По рассчитанному значению светового потока лампы подбирается необходимый источник света с учетом допускаемых отклонений фактической освещенности рабочей поверхности в пределах от 0,9 до 1,2 нормированной освещенности, т. е.

$$0,9F_p \leq F_{л} \leq 1,2F_p, \quad (5.23)$$

где $F_{л}$ – фактический световой поток лампы при номинальном напряжении в сети, лм.

Источник света выбирается по рассчитанному фактическому световому потоку из таблиц А.10, А.11, А.12 или другой справочной литературы.

Для сравнения различных рассчитанных вариантов освещения по критерию энергоэффективности необходимо определить удельную установленную мощность освещения, Вт/м²,

$$w = \frac{N \cdot n \cdot P \cdot k_{пра}}{S}, \quad (5.24)$$

где P – мощность лампы, Вт;

$k_{пра}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре.

**Экономическое обоснование рационального варианта освещения.
Капитальные вложения.**

Экономическое обоснование необходимо проводить для наиболее энергоэффективных вариантов освещения (основной показатель – *удельная установленная мощность*).

Стоимость осветительных приборов

$$C_{об} = C_{об} N, \quad (5.25)$$

где $C_{об}$ – цена светильника с лампами и пускорегулирующей аппаратурой; ДРЛ = 65,7 у.е.; МГЛ = 109 у.е.; НЛВД = 74,4 у.е.

Стоимость строительно-монтажных работ

$$C_{смр} = 0,25C_{об}. \quad (5.26)$$

Стоимость проекта на освещение

$$C_{пр} = 0,1C_{смр}. \quad (5.27)$$

Стоимость пуска-наладочных работ

$$C_{пн} = 0,03...0,05C_{об}. \quad (5.28)$$

Суммарные капитальные вложения

$$K_t = C_{об} + C_{смр} + C_{пр} + C_{пн}. \quad (5.29)$$

Капитальные средства могут быть вложены в проект по частям в течение нескольких лет, поэтому в обозначении этой величины имеется индекс t (год вложения инвестиций).

Затраты на электроэнергию определяются следующим образом.

Годовой расход электроэнергии *осветительным оборудованием*, кВт·ч/год,

$$W = \frac{NnPk_{пра}T^{\max}k_c}{1000}, \quad (5.30)$$

где T^{\max} – время использования максимума осветительной нагрузки (справочные данные), ч; при числе смен равном 3, и 5-дневной рабочей неделе $T^{\max} = 4150$;

$k_{пра}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре;

k_c – коэффициент спроса осветительной нагрузки,

$$k_c = k_c^{\text{техн}} k_{доп} k_{ау}, \quad (5.31)$$

где $k_c^{\text{техн}}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки, обусловленный технологическим процессом, осуществляемым в рассматриваемом помещении (зависит от назначения помещения); в расчетах может быть принят $k_c^{\text{техн}} = 0,85$;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное число часов работы осветительного оборудования в пасмурное время дня;
 $k_{\text{доп}} = 1,08$ (справочные данные);

$k_{\text{ав}}$ – коэффициент, учитывающий автоматизацию управления освещением.

Годовые затраты финансовых средств на потребляемую электроэнергию, у.е./год,

$$C_{\text{эз}} = Wc_{\text{эз}}, \quad (5.32)$$

где $c_{\text{эз}}$ – тариф на электроэнергию, $c_{\text{эз}} = 0,1371 \cdot \text{у.е./кВт}\cdot\text{ч}$ (для юридических лиц).

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

Таблица А.1 – Нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [23, 24]

Код	Вещество	Величина ПДК, мкг/м ³		
		максимальная разовая	средне-суточная	средне-годовая
0302	Азотная кислота	400,0	300,0	150,0
0304	Азот (II) оксид (азота оксид)	400,0	240,0	100,0
0301	Азот (IV) оксид (азота диоксид)	250,0	100,0	40,0
0354	Азот трифторид	400,0	300,0	200,0
1512	Акриловая кислота	100,0	60,0	40,0
0101	Алюминий оксид (в пересчете на алюминий)	100,0	40,0	10,0
2933	Алюмосиликаты (цеолиты; цеолитовые туфы)	300,0	120,0	30,0
1812	1-Аминобутан (н-Бутиламин)	40,0	25,0	4,0
1887	Амины алифатические C ₁₀ -C ₁₆	10,0	4,0	1,0
1803	Амины алифатические C ₁₅ -C ₂₀ (алкиламины)	3,0	-	-
0303	Аммиак	200,0	-	-
0305	Аммоний нитрат (аммиачная селитра)	1400,0	600,0	150,0
0351	диАммоний сульфат	200,0	150,0	100,0
0359	Аммоний хлорид (нашатырь)	200,0	150,0	100,0
2701	Аммофос (смесь моно и диаммоний фосфата с примесью сульфата аммония)	2000,0	800,0	200,0
1805	Анилин (аминобензол, фениламин)	50,0	30,0	10,0
0314	Арсин (водород мышьяковистый)	20,0	8,0	2,0
1317	Ацетальдегид (уксусный альдегид, этаналь)	10,0	-	-
3330	2-Ацетоксибензойная кислота (аспирин, ацетилсалициловая кислота)	60,0	30,0	10,0
0231	Барий и его соединения (в пересчете на барий)	40,0	16,0	4,0
2602	Белково-витаминный концентрат (БВК) (по белку)	10,0	4,0	1,0
0703	Бенз/а/пирен	-	5 нг/м ³	1 нг/м ³
0602	Бензол	100,0	40,0	10,0
0402	Бутан	200000,0	80000,0	20000,0
1042	Бутан-1-ол (бутиловый спирт)	100,0	-	-
1206	Бутилакрилат (акриловой кислоты бутиловый эфир)	7,0	-	-

Продолжение таблицы А.1

Код	Вещество	Величина ПДК, мкг/м ³		
		максимальная разовая	средне- суточная	средне- годовая
1210	Бутилацетат (уксусной кислоты бутиловый эфир)	100,0	-	-
0110	диВанадий пентоксид (пыль) (ванадия пятиокись)	8,0	2,0	0,8
0620	Винилбензол (стирол)	40,0	8,0	2,0
0111	Висмут оксид	80,0	50,0	20,0
0113	Вольфрам триоксид (вольфрамовый ангидрид, вольфрам (VI) оксид)	300,0	150,0	30,0
0403	Гексан	60000,0	25000,0	6000,0
0316	Гидрохлорид (водород хлорид, соляная кислота)	200,0	100,0	50,0
0317	Гидроцианид (муравьиной кислоты нитрил, циановодород, синильная кислота)	30,0	10,0	3,0
1893	Дипропиламин	35,0	20,0	10,0
0859	Дифторхлорметан (фреон 22)	100000,0	40000,0	10000,0
1831	Дициклогексиламина малорастворимая соль (ингибитор коррозии МСДА)	8,0	-	-
0119	Диэтилртуть (в пересчете на ртуть)	0,6	0,3	0,06
0123	Железо (II) оксид (в пересчете на железо)	200,0	100,0	40,0
0121	Железо сульфат (в пересчете на железо)	70,0	30,0	7,0
0122	Железо трихлорид (железа хлорид) (в пересчете на Fe)	40,0	20,0	4,0
2903	Зола сланцевая	30,0	10,0	5,0
0530	Изопрена олигомеры (димеры)	3,0	-	-
0612	Изопропилбензол (кумол)	14,0	-	-
0124	Кадмий и его соединения (в пересчете на кадмий)	3,0	1,0	0,3
0125	диКалий карбонат (калий карбонат, поташ)	100,0	50,0	10,0
0126	Калий хлорид (калий хлористый)	300,0	100,0	50,0
0214	Кальций гидроксид (гашенная известь, пушонка)	30,0	10,0	5,0
0134	Кобальт (кобальт металлический)	4,0	1,0	0,4
0260	Кобальт оксид (в пересчете на кобальт)	10,0	4,0	1,0
1069	Крезол (смесь изомеров о-, м-, п-) (трикрезол)	5,0	-	-
0616	Ксилолы (смесь изомеров о-, м-, п-ксилол)	200,0	100,0	20,0
0138	Магний оксид	500,0	200,0	50,0
2904	Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на V)	20,0	8,0	2,0

Продолжение таблицы А.1

Код	Вещество	Величина ПДК, мкг/м ³		
		максимальная разовая	средне- суточная	средне- годовая
0143	Марганец и его соединения в пересчете на марганец (IV) оксид	10,0	5,0	1,0
2735	Масло минеральное нефтяное (веретенное, машинное)	50,0	20,0	5,0
0140	Медь и ее соединения (в пересчете на медь)	3,0	1,0	0,3
0146	Медь (II) оксид	20,0	8,0	2,0
0144	Медь (I) хлорид (медь хлористая)	10,0	4,0	1,0
1052	Метанол (метиловый спирт)	1000,0	500,0	100,0
1225	Метилакрилат	10,0	-	-
1224	Метилацетат (уксусной кислоты метиловый эфир)	70,0	40,0	7,0
0536	Метилацетилен (проп-1-ин)	3000,0	1200,0	300,0
2871	Метилацетилен-алленовая фракция: по метилацетилену	1500,0	450,0	150,0
1232	Метил-2-метилпроп-2-еноат (метакриловой кислоты метиловый эфир, метилметакрилат)	100,0	40,0	10,0
0266	Молибден и его неорганические соединения (молибден (III) оксид, парамолибдат аммония и др.)	200,0	80,0	20,0
1532	Мочевина (диамид угольной кислоты, карбамид)	200,0	40,0	20,0
1537	Муравьиная кислота (метановая кислота)	200,0	50,0	20,0
0325	Мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на As)	8,0	3,0	0,8
0152	Натрий хлорид (поваренная соль)	500,0	300,0	150,0
0708	Нафталин	3,0	-	-
0163	Никель (никель металлический)	10,0	4,0	1,0
0164	Никель оксид	10,0	4,0	1,0
0165	Никель растворимые соли (в пересчете на никель)	2,0	0,8	0,2
0166	Никель (II) сульфат (в пересчете на никель)	2,0	1,0	0,2
0326	Озон	160 (1 ч)	120 (8 ч)	90 (24 ч)
0171	Олово дихлорид (олово хлорид) (в пересчете на олово)	500,0	150,0	50,0
0168	Олово и его соединения (в пересчете на олово)	40,0	20,0	5,0
3920	Полихлорированные бифенилы (по сумме ПХБ (ПХБ 28, ПХБ 52, ПХБ 101, ПХБ 138, ПХБ 153, ПХБ 180))	-	1,0	-

Окончание таблицы А.1

Код	Вещество	Величина ПДК, мкг/м ³		
		максимальная разовая	средне-суточная	средне-годовая
1054	Пропан-1-ол (пропиловый спирт)	300,0	120,0	30,0
1051	Пропан-2-ол (изопропиловый спирт)	600,0	200,0	60,0
1401	Пропан-2-он (ацетон)	350,0	150,0	35,0
0521	Пропен (пропилен)	3000,0	1200,0	300,0
2917	Пыль хлопковая	200,0	100,0	50,0
0183	Ртуть и ее соединения (в пересчете на ртуть)	0,6	0,3	0,06
0184	Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на Pb)	1,0	0,3	0,1
0330	Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид)	500,0	200,0	50,0
0322	Серная кислота	300,0	100,0	30,0
0333	Сероводород	8,0	-	-
0334	Серовуглерод	30,0	15,0	5,0
2873	Синтетическое моющее средство "Лоск"	100,0	60,0	10,0
2902	Твердые частицы суммарно	300,0	150,0	100,0
0008	Твердые частицы фракции РМ 10	150,0	50,0	40,0
0010	Твердые частицы фракции РМ 2,5	65,0	25,0	15,0
0882	Тетрахлорэтилен (перхлорэтилен)	500,0	250,0	60,0
0621	Толуол (метилбензол)	600,0	300,0	100,0
0902	Трихлорэтилен	4000,0	1000,0	400,0
2754	Углеводороды предельные алифатического ряда C ₁₁ -C ₁₉	1000,0	400,0	100,0
0337	Углерод оксид (окись углерода, угарный газ)	5000,0	3000,0	500,0
0328	Углерод черный (сажа)	150,0	50,0	15,0
1555	Уксусная кислота	200,0	60,0	20,0
1071	Фенол (гидроксibenзол)	10,0	7,0	3,0
0343	Фториды неорганические хорошо растворимые (натрия фторид, натрия гексафторид)	30,0	10,0	5,0
0349	Хлор	100,0	30,0	10,0
0203	Хром (VI)	2,0	1,5	0,8
0229	Цинк и его соединения (в пересчете на цинк)	250,0	150,0	50,0
0205	Цинк сульфат (в пересчете на цинк)	80,0	30,0	8,0
1061	Этанол (этиловый спирт)	5000,0	2000,0	500,0
0627	Этилбензол	20,0	-	-
0526	Этилен	3000,0	1500,0	300,0

Таблица А.2 – Гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов [4]

Показатели состава и свойств воды водного объекта	Категория водопользования			
	Хозяйственно-питьевого назначения	Культурно-бытового назначения	Рыбохозяйственного назначения	
			I категория	II категория
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться больше, чем на, мг/дм ²			
	0,25	0,75	0,25	0,75
Плавающие примеси	На поверхности водоема не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна минеральных масел и скопления других примесей			
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике, см			
	20	10	-	-
Температура	Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна превышать более чем на			
	3 °С		5 °С	
	По сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца года за последние 10 лет			
Водородный показатель (Ph)	Не должен выходить за пределы 6,5 – 8,5			
Минеральный состав по сухому остатку, в т.ч.: хлоридов, г/дм ³ сульфатов, г/дм ³	Не должен превышать 1000 мг/дм ³			
	350	350	300	300
	500	500	100	100
Растворенный кислород	В пробе, отобранной до 12 часов дня, в любой период года не должно быть менее, мг/л			
	4	4	6	6
БКП _{полн}	Не должно превышать при 20 °С, мг О ₂ /дм ³			
	3	6	3	3
ХПК	Не должно превышать, мг О ₂ /дм ³			
	15	30	15	15
Химические вещества	Не должны содержаться в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ			

Таблица А.3 – Рекомендуемый унифицированный перечень нормируемых показателей и загрязняющих веществ в сточных водах [4, 25 – 27]

Вещество (показатель)	Класс опасности	Объекты			
		рыбохозяйственные		хозяйственно-питьевые	
		ЛПВ*	ПДК _{рх} , мг/дм ³	ЛПВ*	ПДК _{хп} , мг/дм ³
Азот аммонийный (в пересчете на азот)		токс.	0,39		
Азот нитритный (в пересчете на азот)			0,024		
Азот нитратный (в пересчете на азот)		с.-токс.	9,03		
Азот общий	-		5,0	-	-
Алюминий (в пересчете на Al ³⁺)	2	токс.	0,04	с.-токс.	0,5
Барий (для рыбохозяйственных – BaSO ₄ , ПДК по Ba)	2		1,2		0,1
Ванадий	3	токс.	0,001	с.-токс.	0,1
Висмут	2	-	-	с.-токс.	0,1
Железо общее	3	токс.	0,1	орг. цв.	0,3
Кадмий	2	токс.	0,005	-	0,001
Калий		с.-токс.	50		
Кальций	-	с.-токс.	180,0	-	-
Кобальт	2	токс.	0,01	с.-токс.	0,1
Магний	-	с.-токс.	40,0	-	-
Марганец	3	токс.	0,01	орг. цв.	0,1
Медь	3		0,001**	орг. пр.	1,0
Минерализация (сухой остаток)			1000,0		
Молибден	2	токс.	0,0012	с.-токс.	0,25
Мышьяк	2		0,05		0,05
Натрий	2	с.-токс.	120,0		200,0
Никель	3	токс.	0,01	с.-токс.	0,1
Олово (олово хлористое) (в пересчете на Sn)	-		1,25 {0,66}	-	-
Роданиды	2	-	-	с.-токс.	0,1
Ртуть	1	токс.	0,00001		0,0005
Свинец	2		0,1		0,03
Серебро	2	-	-		0,05
Сероводород (гидросульфид)	4	-	-	орг. зап.	0,003
Сероуглерод	4	токс.	1,0	зап.	1,0
СПАВ анионактивные			0,1		
Стронций	2	-	-	с.-токс.	7,0
Сульфаты	4	с.-токс.	100,0	орг. пр.	500,0
Сульфиды	3	токс.	0,0004	общ.	отс.***
Формальдегид	2	сан.	0,01	с.-токс.	0,05

Окончание таблицы А.3

Вещество (показатель)	Класс опасности	Объекты			
		рыбохозяйственные		хозяйственно-питьевые	
		ЛПВ*	ПДК _{рх} , мг/дм ³	ЛПВ*	ПДК _{хп} , мг/дм ³
Фосфор общий (для хоз.-питьевых – Р элементный)	1	токс.	0,2	с.-токс.	0,0001
Хлориды	4	с.-токс.	300,0	орг. пр.	350,0
Хром общий	3	токс.	0,005	-	-
Цинк	3	-	0,01	общ.	1,0

* Токс. – токсикологический; сан. – санитарный; с.-токс. – санитарно-токсикологический; общ. – общесанитарный; рыб-хоз. – рыбохозяйственный; орг. – органолептический; пр. – привкус, пл. – пленкообразование, цв. – изменение цвета, зап. – придание запаха.
 ** Допустимое приращение к естественному природному фоновому содержанию.
 *** Отс. – сброс недопустим; 0,7–1,5 – в зависимости от климатического района: IV район – 0,7; III – 1,2; II и I – 1,5 мг/дм³.

Таблица А.4 – Теплотворная способность некоторых видов топлив

Горючие материалы	Низшая теплота сгорания	
	ккал/кг(м ³)	кДж/кг(м ³)
<i>Твердое топливо</i>		
Дрова смешанные	3000	12580
Торф (30 % влажности)	2680	11300
Бурый уголь (Подмосковный бассейн)	2980	12460
Каменный уголь марки ПЖ (Донбасс)	6940	29000
Антрацит	6820	28500
Сланец	3000	12580
Кокс металлургический	6400	26800
Древесный уголь	6800	28400
<i>Жидкое топливо</i>		
Нефть	10000	41868
Бензин	10200	42850
Мазут	9740	40700
Спирт этиловый	6400	26800
Бензол	9590	40100
Толуол	9690	40500
<i>Горючие газы</i>		
Доменный колошниковый газ:	900	3700
генераторный	1200	5030
водяной	2400	10030
двойной водяной	2700	11300
кокосовый	4300	18000
Природный газ	8500	35600
Сжиженный газ (технический пропан)	22400	93750
Сжиженный газ (технический бутан)	29100	122000

Таблица А.5 – Тепловые характеристики жилых и общественных зданий

Наименование здания	Объем здания по наружному об-меру V, тыс.м ³	Удельные тепловые характеристики ккал/(м ³ ·ч·°С)	
		для отопления б _{от}	для вентиляции б _в
Малозэтажные жилые и об-щественные здания, гости-ницы, общежития	До 0,3	0,75	Не учитываются
	0,5	0,65	
	0,8	0,55	
	1,0	0,50	
Многоэтажные жилые зда-ния, гостиницы, общежития	До 3	0,42	Не учитываются
	5	0,38	
	10	0,33	
	15	0,31	
	20	0,29	
	25	0,28	
	30	0,27	
Свыше 30	0,26		
Бытовые и административ-но-вспомогательные поме-щения	0,5 – 1,0	0,6-0,45	Не учитываются
	1,0 – 2,0	0,45-0,40	Не учитываются
	До 5	0,43	0,086
	10	0,38	0,08
	15	0,35	0,07
	Свыше 15	0,32	0,06
Клубы	До 5	0,37	0,25
	10	0,33	0,25
Кинотеатры	До 5	0,37	0,43
	10	0,32	0,39
Магазины	До 10	0,33	0,08
Детские сады, ясли	До 5	0,42	0,11
	Свыше 5	0,37	0,10
Школы	До 5	0,39	0,09
	10	0,35	0,08
	Свыше 10	0,33	0,07
Поликлиники, больницы	До 5	0,40	0,29
	10	0,36	0,28
Бани	До 5	0,28	1,0
Прачечные	До 5	0,38	0,8
Предприятия общественно-го питания (кухни, столо-вые)	До 5	0,35	0,70
	10	0,33	0,65
	Свыше 10	0,30	0,60
Ремонтные мастерские	От 5 до 10	0,6-0,51	0,20 – 0,15
Столярные мастерские	До 5	0,45	0,45
Гаражи	До 2	0,81	Не учитываются
	3	0,70	Не учитываются
	5	0,64	0,70
	Свыше 5	0,58	0,65

Таблица А.6 – Норма расхода горячей воды потребителями

Потребитель	Единица измерения	Норма расхода горячей воды, л/сут.
Общежития:		
- с общими душевыми	1 житель	50
- с душами при всех жилых комнатах	1 житель	60
- с общими кухнями и блоками душевых на этажах при жилых комнатах в каждой секции здания	1 житель	80
- душ с групповой установкой со смесителями	1 житель	270
Гостиницы, пансионаты и мотели:		
- с общими ваннами и душами	1 житель	70
- с душевыми во всех отдельных номерах	1 житель	140
- с ванными в отдельных номерах, % от общего числа номеров:		
до 25	1 житель	100
до 75	1 житель	150
до 100	1 житель	180
Больницы:		
- с общими ваннами и душами,	1 койка	75
- с санитарными узлами, приближенными к палатам,	1 койка	90
- инфекционные	1 койка	100
Санатории и дома отдыха:		
- с ваннами при всех жилых комнатах	1 койка	120
- с душами при всех жилых комнатах	1 койка	75
Поликлиника и амбулатории	1 больной в смену	6
Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей:		
- со столовыми, работающими на полуфабрикатах	1 ребенок	11,5
- со столовыми, работающими на сырье	1 ребенок	11,5
- с прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	1 ребенок	25
Детские ясли-сады с круглосуточным пребыванием детей:		
- со столовыми, работающими на полуфабрикатах,	1 ребенок	21,4
- с прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	1 ребенок	28,5

Продолжение таблицы А.6

Потребитель	Единица измерения	Норма расхода горячей воды, л/сут.
Пионерские лагеря (в том числе круглосуточного действия): - со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами - со столовыми, работающими на полуфабрикатах, и стиркой белья в централизованных прачечных	1 ребенок	40
	1 ребенок	30
Школы-интернаты с учебными помещениями, гимнастическими залами	1 место	30
Общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	1 учащийся и 1 преподаватель/смену	3
То же, с продленным днем	1 учащийся и 1 преподаватель/смену	3,4
Профессионально-технические училища с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	1 учащийся и 1 преподаватель/смену	8
Учебные заведения (в том числе высшие и средние специальные), общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и буфетами, реализующими готовую продукцию Лаборатории высших и средних специальных учебных заведений	1 прибор в смену	6
	1 прибор в смену	112
Прачечные: - механизированные - немеханизированные	1 кг сухого белья	25
	1 кг сухого белья	15
Администрация здания	1 работник	5
Научно-исследовательские институты и лаборатории: - химического профиля - биологического профиля - физического профиля - естественных наук	1 работник	60
	1 работник	50
	1 работник	15
	1 работник	12

Окончание таблицы А.6

Потребитель	Единица измерения	Норма расхода горячей воды, л/сут.
Аптеки: - торговый зал и подсобные помещения, - лаборатория приготовления	1 работник 1 работник	5 55
Предприятия общественного питания: - для приготовления пищи, реализуемой в обеденном зале - для приготовления пищи, продаваемой на дом	1 условное блюдо 1 условное блюдо	12,7 11,2
Магазины: - продовольственные - промтоварные	1 работающий в смену (20 м ² торгового зала)	65 5
Парикмахерские	1 рабочее место в смену	33
Кинотеатры	1 место	1,5
Клубы	1 место	2,6
Театры: - для зрителей, - для артистов	1 место 1 артист	5 25
Стадионы и спортивные залы: - для зрителей - для спортсменов - для физкультурников (с учетом приема душа)	1 место 1 спортсмен 1 физкультурник	1 60 30
Плавательные бассейны: - для зрителей - для спортсменов (с учетом приема душа)	1 место 1 спортсмен	1 60
Бани: - для мытья в мыльной с тазами на скамейках и ополаскиванием в душе - для приема оздоровительных процедур с ополаскиванием в душе - душевая кабина - ванная кабина	1 человек 1 человек 1 человек 1 человек	180 360 240 360
Общественные туалеты	1 умывальник	360

Таблица А.7 – Расчетные параметры воздуха в помещениях [28]

Здания, помещения	Температура воздуха внутри помещений $t_{в}$, °С	Относительная влажность воздуха $\phi_{в}$, %
Жилые здания	18	55
Общественные здания (кроме дошкольных и детских лечебных учреждений, помещений с влажным и мокрым режимами)	18	50
Здания дошкольных и детских лечебных учреждений	21	50
Залы ванн бассейнов	27	67
Административные и бытовые здания	18	50

Таблица А.8 – Средние параметры наружного воздуха за отопительный период и его продолжительность [28]

Область	Средняя температура наружного воздуха $t_{н}$, °С	Средняя относительная влажность наружного воздуха $\phi_{н}$, %	Среднее парциальное давление водяного пара $e_{н}$, Па	Продолжительность отопительного периода $z_{от}$, сут
Брестская	$\frac{0,2}{0,8}$	$\frac{84}{83}$	$\frac{521}{538}$	$\frac{187}{205}$
Витебская	$\frac{-2,0}{-1,4}$	$\frac{82}{82}$	$\frac{424}{447}$	$\frac{207}{222}$
Гомельская	$\frac{-1,6}{-0,8}$	$\frac{83}{82}$	$\frac{444}{470}$	$\frac{194}{212}$
Гродненская	$\frac{-0,5}{0,4}$	$\frac{85}{85}$	$\frac{499}{535}$	$\frac{194}{213}$
Минская	$\frac{-1,6}{-0,9}$	$\frac{85}{84}$	$\frac{455}{477}$	$\frac{202}{220}$
Могилевская	$\frac{-1,9}{-1,2}$	$\frac{84}{84}$	$\frac{439}{465}$	$\frac{204}{221}$
<i>Примечание</i> — В числителе приведены данные для среднесуточной температуры наружного воздуха начала отопительного периода 8 °С, в знаменателе – для 10 °С.				

Таблица А.9 – Максимальные из средних скоростей ветра [28]

Месяц зимнего периода	Максимальная из средних скоростей ветра $v_{ср}$, м/с, по румбам с повторяемостью 16 % и более по областям					
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
Декабрь	3,4	5,1	4,1	5,4	4,1	4,8
Январь	3,7	5,4	4,1	5,2	4,0	4,9
Февраль	3,6	5,5	4,6	6,1	4,0	5,1

Таблица А.10 – Параметры ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, клм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, тыс. ч
ДРЛ150(15)	50	1,9	38,0	10
ДРЛ80(6)	80	3,3	41,3	12
ДРЛ80(10)		3,6	45,0	
ДРЛ125(6)	125	5,9	47,2	12
ДРЛ125(10)		6,3	50,4	
ДРЛ250(6)-4	250	13	52,0	12
ДРЛ250(10)-4		13,5	54,0	
ДРЛ400(6)-4	400	23,5	58,8	15
ДРЛ400(10)-4		24	60,0	
ДРЛ700(6)-3	700	40,6	58,0	20
ДРЛ700(10)-3		41	58,6	
ДРЛ1000(6)-3	1000	58	58,0	18
ДРЛ1000(10)-3		59	59,0	
ДРЛ2000	2000	120	60,0	6

Таблица А.11 – Параметры металлогалогенных ламп типа ДРИ

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, клм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, тыс. ч
ДРИ125	125	8,3	66,4	3
ДРИ3125		4,5	36,0	2
ДРИ3125-1		4,7	37,6	2
ДРИ3175	175	5,8	33,1	2,5
ДРИ3175-1		6,2	35,4	2,5
ДРИ175		12	68,6	4
ДРИ3250	250	13,7	54,8	7,5
ДРИ250		18,7	74,8	3
ДРИ3250-1		12	48,0	7,5
ДРИ250-5		19	76,0	10
ДРИ3400-1	400	24	60,0	7,5
ДРИ400		34	85,0	6
ДРИ400-5		35	87,5	10
ДРИ3700-1	700	45	64,3	5
ДРИ700		59,5	85,0	5
ДРИ700-6		56	80,0	3
ДРИ700-5	700	60	85,7	9
ДРИ1000-5	1000	90	90,0	9
ДРИ2000-6	2000	200	100,0	2
ДРИ3500-6	3500	350	100,0	1,5

Окончание таблицы А.11

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, клм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, тыс. ч
ДМЗ-3000	3000	240	80,0	1,5

Таблица А.12 – Параметры натриевых ламп высокого давления

Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч
50	3400	68,0	28500
	3700	74,0	12000
	4000	80,0	28500
	4400	88,0	28500
70	6000	85,7	12000
	6500	92,9	28500
100	8800	88,0	20000
	9600	96,0	28500
	10000	100,0	28500
	10500	105,0	16000
150	15000	100,0	16000
	17000	113,3	50000
	17500	116,7	28500
250	28000	112,0	20000
	27500	110,0	28500
	32000	128,0	20000
	33000	132,0	28500
400	48000	120,0	20000
	50000	125,0	55000
	55000	137,5	55000

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

Пример оформления контрольной работы

1.2 Рассчитать величину предельно допустимого выброса (ПДВ) загрязняющего вещества в районе его выброса при нормальных метеорологических условиях.

Исходные данные:

Валовой выброс загрязняющих веществ M , г/с	36
Высота источника H , м	30
Диаметр трубы D , м	1,0
Средняя скорость ГВС $v_{\text{ср}}$, м/с	10
Температура ГВС $T_{\text{г}}$, °С	125
Температура воздуха $T_{\text{в}}$, °С	21
Время работы котельной в году t , ч.	7665
Загрязняющее вещество	SO ₂
ПДК, мг/м ³	0,5
Фоновая концентрация $C_{\text{ф}}$, мг/м ³	0,2
F	1

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами определяется по наибольшей рассчитанной величине приземной концентрации вредных веществ $C_{\text{м}}$ (мг/м³), которая может устанавливаться на некотором расстоянии от места выброса, мг/м³,

$$C_{\text{м}} = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; $A = 160$;

M – количество вещества, выбрасываемого из источника в единицу времени, г/с;

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

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, $\eta = 1$;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

V_1 – объем газовой смеси, поступающей от источника в атмосферу, м³/с;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси $T_{\text{г}}$ и температурой окружающего атмосферного воздуха $T_{\text{в}}$, °С;

Определим объем газозвушной смеси, поступающей от источника в атмосферу:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} v_{\text{cp}}, \quad (1.2)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

v_{cp} – средняя скорость выхода газозвушной смеси из устья источника выброса, м/с.

Тогда

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \cdot 10 = 7,85 \text{ м}^3/\text{с}.$$

И т.д. в соответствии с методиками расчета, представленными в разделе «Основы экологии».

2 Основы энергосбережения

2.1 Сущность энергосбережения. Основные понятия. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь

Энергосбережение – это организационная, научная, практическая, информационная деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленная на снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации...

2.2 Произвести пересчет в единицы условного топлива.

Для сопоставления расхода различных реальных топлив на выработку единицы тепловой или электрической энергии введено понятие «условное топливо».

Реальные виды топлива переводятся в условное топливо с помощью calorific equivalents (\mathcal{E}_T), которые представляют собой отношение низкой теплоты сгорания нормируемого вида топлива Q_H , кДж/кг (кДж/м³), и условного Q_Y ,

$$\mathcal{E}_T = \frac{Q_H}{Q_Y} \quad (2.1)$$

И т.д. в соответствии с методиками расчета, представленными в разделе «Основы энергосбережение».

Список литературы

- 1 Об охране атмосферного воздуха : Закон Респ. Беларусь от 16 дек. 2008 г. № 2-3; введ. 2008-12-24 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 4, 2/1554. – С. 8–26.
- 2 Прогноз изменения окружающей природной среды Беларуси на 2010-2020 гг. / под ред. В.Ф. Логинова. – Мн. : Минсктиппрект, 2004. – 180 с.
- 3 Об охране окружающей среды : Закон Респ. Беларусь от 26 ноября 1992 г. // Сб. норматив. док. по вопр. охраны окружающей среды / сост. Р.К. Кожевникова. – Минск : Белорус. науч.-исслед. центр «Экология», 2002. – Вып. 40. – С. 3–66.
- 4 Природопользование, охрана окружающей среды и экономика: Теория и практикум : учеб. пособие / под ред. А.П. Хаустова. – М. : Изд-во РУДН, 2006. – 613 с.
- 5 **Шимова, О.С.** Управление природопользованием и природоохранной деятельностью : учеб. пособие / О.С. Шимова, А.М. Кабушко – Мн. : Юнипак, 2005. – 220 с.
- 6 Водный кодекс Респ. Беларусь от 15 июля 1998 г. № 191-3 (в ред. Закона Респ. Беларусь от 4 янв. 2010 г. № 109-3) ; введ. 2001-03-20 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 172, 2/1470. – С. 8–26.
- 7 О питьевом водоснабжении : Закон Респ. Беларусь от 24 июня 1999 г. № 271-3 (в ред. Закона Респ. Беларусь от 08.07.2008) ; введ. 1999-06-29 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 1999. – № 2/46. – С. 8–26.
- 8 Инструкция о порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 29 апр. 2008 г. № 43 (с изм. пост. Минприроды № 71 от 29.12.2009 г., Нац. реестр № 8/21837, С. 9–13) ; введ. 2008-07-21 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 188, 8/19169. – С. 70–82.
- 9 **Нестеров, П.М.** Экономика природопользования и рынок : учеб. для вузов / П.М. Нестеров, А.П. Нестеров – М. : Закон и право, ЮНИТИ. 1997 – 413 с.
- 10 **Писарик, М.Н.** Нормирование качества окружающей среды : учеб. пособие / М.Н. Писарик, В.М. Овчинников. – Гомель : БелГУТ, 1993. – 67 с.
- 11 **Равино, А.В.** Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов Республики Беларусь : автореф. дис. канд.экон.наук : 08.00.05 / А.В.Равино ; Бел.гос.технол.ун-т – Минск, 2001. – 20 с.

12 **Соколовский, Н.К.** Основы экологии и экономики природопользования : практикум / Н.К. Соколовский, А.И. Чертков, О.С. Шимова – Мн. : БГЭУ, 2003. – 105 с.

13 Об энергосбережении : Закон Респ. Беларусь от 15 июля 1998 г. № 190-3; // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь, 2010. – № 15, 2/1666 – с. 1–10.

14 **Карминский, В.Д.** Экологические проблемы и энергосбережение : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / В.Д. Карминский, В.И. Колесников – М. : Маршрут, 2004. – 592 с.

15 Теплотехника : учеб.-метод. пособие для студентов-заочников специальности «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования» / В.М. Овчинников, В.В. Скреженцевский, О.Б. Меженная; М-во обр. Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 123 с.

16 Основы энергосбережения : учеб. /под ред. Н.И. Данилова. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 564 с.

17 Энергосбережение и энергетический менеджмент : учеб. пособие / А.А. Андрижиевский, В.И. Володин. – 2-е изд., испр. – Мн. : Высш. шк., 2005. – 294 с.

18 Основы энергосбережения : практ. / В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев, М.В. Самойлов. – Мн. : БГЭУ., 2007. – 195 с.

19 Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Мн. : Департамент по энергоэффективности Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2008. – 31 с.

20 Эффективное использование электроэнергии в осветительных установках железнодорожного транспорта : пособие для студентов механических, электромеханических специальностей и слушателей Института повышения квалификации/ Евдасев И. С. [и др.]; под ред. И. С. Евдасева. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 121 с.

21 Естественное и искусственное освещение : СНБ 2.04.05-98; введ. 1998-07-01. – Мн. : Мин. арх. и стр-ва Респ. Беларусь, 1998. – 62 с.

22 Естественное и искусственное освещение : СНБ 2.04.05-98 с изм. № 2; введ. 2008-11-01. – Мн. : Мин. арх. и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 44 с.

23. Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно-безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения и признании утратившим силу постановления М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 30 июня 2009 г. № 75 «Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно-безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения» : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 30 дек. 2010 г., № 186 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2011. – № 8/16641. – С. 5–178.

24. СТБ 17.08.02-01-2009. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Коды и перечень ; введ. 2009-12-01. – Мн. : Госстандарт, 2009. – 199 с.

25. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования : Гигиенические нормативы 2.1.5.10-21-2003; введ. 2005-04-01. – Мн. : Минздрав Респ. Беларусь, 2003. – 56 с.

26. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь и М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 24 дек. 2009 г. № 70/139 ; введ. 2010-01-19 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2009. – № 29, 8/21809. – 5–178 с.

27. Ориентировочно-допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования : Гигиенические нормативы 2.1.5.10-20-2003 ; введ. 2005-04-01. – Мн. : Минздрав Респ. Беларусь. 2003. – 57 с.

28. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) ; введ. 2007-07-01. – Мн. : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь. – 2006. – 32 с.

29. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. – Мн. : М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. 2004. – 184 с.