

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и цифровые технологии, Цифровые системы релейной защиты и автоматики, Гидроэлектростанции и цифровые технологии, Интеллектуальная возобновляемая энергетика

Уровень образования: бакалавр

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭКОЛОГИЯ**

<b>Блок</b>	<b>ФТД</b>
<b>Часть образовательной программы</b>	<b>Факультативные дисциплины</b>
<b>Индекс дисциплины по учебному плану</b>	<b>ФТД.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах</b>	<b>1 семестр – 2</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану</b>	<b>72</b>
<b>Лекции</b>	<b>1 семестр – 10 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>1 семестр – 10 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Консультации по курсовому проекту/ работе</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1 семестр – 34 часа</b>
<b>включая:</b> <b>РГР</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b> <b>зачет</b>	<b>1 семестр – 0,3 часа</b>
<b>Контроль:</b> <b>зачет</b>	<b>1 семестр – 17,7 часа</b>

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


<u>Доцент кафедры Энергетики</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	<u></u> (подпись)	<u>Г.И. Проскунина</u> (расшифровка подписи)
--	--	---

<u>Заведующий кафедрой Энергетики</u> (название кафедры)	<u></u> (подпись)	<u>Е.Г. Зенина</u> (расшифровка подписи)
---	--	---

Руководитель образовательной программы Электроэнергетические системы и цифровые технологии

<u>Доцент кафедры Энергетики,</u> <u>к.т.н., доцент</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	<u></u> (подпись)	<u>В.Н. Курьянов</u> (расшифровка подписи)
--	--	---

Руководитель образовательной программы Цифровые системы релейной защиты и автоматики

<u>Заведующий кафедрой Энергетики,</u> <u>к.т.н., доцент</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	<u></u> (подпись)	<u>Е.Г. Зенина</u> (расшифровка подписи)
---	--	---

Руководитель образовательных программ Гидроэлектростанции и цифровые технологии, Интеллектуальная возобновляемая энергетика

<u>Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,</u> <u>доцент</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	<u></u> (подпись)	<u>Н.В. Байдакова</u> (расшифровка подписи)
--	--	--

**СОГЛАСОВАНО:**

<u>Заведующий кафедрой Энергетики</u> (название кафедры)	<u></u> (подпись)	<u>Е.Г. Зенина</u> (расшифровка подписи)
---	--	---

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины** состоит в приобретении знаний и умений по экологии, формировании навыков по грамотному применению основных положений дисциплины, направленных на получение фундаментальных знаний об экологических системах и особенностях их функционирования в условиях антропогенной нагрузки, рациональном использовании материальных и энергетических ресурсов, организации и проведении работ по ликвидации последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

### **Задачами дисциплины являются:**

- освоение основных теоретических положений курса экологии;
- приобретение понимания проблем экологии, связанных с деятельностью человека;
- овладение умениями логически мыслить, обосновывать место и роль экологических знаний в практической деятельности людей, развитии современных технологий; определять состояние экологических систем в природе и в условиях городских и сельских поселений; проводить наблюдения за природными и искусственными экосистемами с целью их описания и выявления естественных и антропогенных изменений;
- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей обучающихся в процессе изучения экологии; путей развития природоохранной деятельности; в ходе работы с различными источниками информации;
- воспитание убежденности в необходимости рационального природопользования, бережного отношения к природным ресурсам и окружающей среде, собственному здоровью; уважения мнения оппонента при обсуждении экологических проблем;
- использование приобретенных знаний и умений по экологии в повседневной жизни для оценки последствий своей деятельности (и деятельности других людей) по отношению к окружающей среде, здоровью других людей и собственному здоровью, соблюдению правил поведения в природе.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
<p>ОПК-2 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</p>	<p>ОПК-2.5. Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные закономерности взаимодействия сообществ живых организмов (в том числе – и человеческого социума) с природной средой;</li> <li>- особенности воздействия разных отраслей хозяйственной деятельности человека на окружающую среду;</li> <li>- основные виды загрязнения окружающей среды;</li> <li>- последствия загрязнения окружающей природной среды для человека и населения в целом;</li> <li>- основные пути реализации природоохранной деятельности;</li> <li>- основные нормативы качества окружающей среды;</li> <li>- основные законодательные акты России и международные соглашения.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- грамотно анализировать и самостоятельно и оценивать экологическую ситуацию в мире и в России;</li> <li>- выявлять факторы риска основных заболеваний человека, связанных с загрязнением окружающей природной среды;</li> <li>- делать обоснованные, доказательные выводы;</li> <li>- планировать типовые мероприятия по охране природы;</li> <li>- разрабатывать практические рекомендации по сохранению природной среды;</li> <li>- применять нормативные правовые акты Российской Федерации в сфере экологии и здравоохранения;</li> <li>- самостоятельно работать с учебной, научной и справочной литературой.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам.

Дисциплина является важным шагом в овладении студентами любого профиля компетенциями по применению методов оценки природных факторов среды, планирования в области охраны природы, навыками работы с законодательными и инструктивными материалами в области охраны природы.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Безопасность жизнедеятельности», «Химия», «Физика».

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы							СР	Конт- роль	Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная									
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Взаимодействие теплоэнергетического объекта с окружающей средой. Критерии оценки качества окружающей среды	11	1	2	2	–	–	–	–	7	–	Изучение теоретического и практического материала: [6], стр. 18-30, 31-95 [5], стр. 12-23, 119-135, 210-226 Выполнение домашнего задания: [4], стр. 46-51, 68-71, 83-91, 92-97, 102- 111.	
2	Негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду. Основные направления по его снижению	11	1	2	2	–	–	–	–	7	–	Изучение теоретического и практического материала: [5], стр. 227-249, 250-273, 276-325 [6], стр. 277-298 Выполнение домашнего задания: [4], стр. 184-189, 190-191, 192-193, 194- 198, 199-204, 205-211, 213-215, 216-222	
3	Защита атмосферы. Экологизация технологических процессов. Защита гидросферы. Инженерные решения.	11	1	2	2	–	–	–	–	7	–	Изучение теоретического и практического материала: [5], стр.388-398, 399-416, 417-424 [6], стр. 308-321, 326-339, 340-366 Выполнение домашнего задания: [4], стр. 224-231, 234-242, 260-265, 278-	

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Конт- роль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
	Снижение «отходности» предприятий. Безотходная технология											286	
4	Снижение теплового воздействия на окружающую среду. Снижение энергоемкости предприятий, как направление ресурсосбережения. Тепло утилизационное оборудование.	11	1	2	2	–	–	–	–	7	–	Изучение теоретического и практического материала: [6], стр. 366-372, 374-386 [5], стр. 425-455, 456-458, 459-468, 487-496 Выполнение домашнего задания: [4], стр. 290-297, 309-313, 327-334	
5	Экологическое нормирование. Состояние окружающей среды и здоровье населения. Экономические механизмы рационального природопользования и охраны окружающей среды. Экологический мониторинг	10	1	2	2	–	–	–	–	6	–	Изучение теоретического и практического материала: [6], стр. 391-395, 396-399 [5], стр. 502-506, 507-518, 519-525, 526-537 Выполнение домашнего задания: [4], стр. 335-341.	
	Зачет	18	1	–	–	–	–	–	0,3	–	17,7	Зачет проводится в устной форме по результатам успеваемости согласно программе зачета	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>0,3</b>	<b>34</b>	<b>17,7</b>		

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

### 3.2. Краткое содержание разделов

#### 1 семестр

##### 1. Взаимодействие теплоэнергетического объекта с окружающей средой. Критерии оценки качества окружающей среды

Проблемы взаимодействия энергетики с окружающей средой. Структура теплоэнергетической системы промышленного предприятия с учетом взаимодействия с окружающей средой. Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах. Оценка влияния теплоэнергетических систем на окружающую среду. Схема взаимодействия объектов энергетики с окружающей средой на примере ТЭС. Рассеивание нагретых выбросов от одиночного источника. Критерии оценки качества окружающей среды. Воздействие ТЭС на окружающую среду.

##### 2. Негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду. Основные направления по его снижению

Виды загрязнения окружающей среды. Воздействие на атмосферу. Экологические последствия загрязнения атмосферы. Воздействие на гидросферу. Экологические последствия загрязнения гидросферы. Направления инженерной защиты биосферы.

##### 3. Защита атмосферы. Экологизация технологических процессов. Защита гидросферы. Инженерные решения. Снижение «отходности» предприятий. Безотходная технология

Экологизация технологических процессов. Очистка газовых выбросов от вредных примесей. Рассеивание газовых выбросов в атмосфере. Защита гидросферы. Методы очистки сточных вод. Основные понятия и определения безотходной технологии. Безотходные производства. Принципы безотходных технологий. Способы переработки и утилизации отходов. Классификация методов переработки твердых отходов. Складирование отходов. Утилизация отходов. Сжигание (термическое обезвреживание) отходов.

##### 4. Снижение теплового воздействия на окружающую среду. Снижение энергоемкости предприятий, как направление ресурсосбережения. Тепло утилизационное оборудование.

Принципы снижения теплового воздействия на окружающую среду. Снижение тепловых выбросов. Использование утилизационного оборудования. Снижение энергоемкости предприятий как направление ресурсосбережения.

##### 5. Экологическое нормирование. Состояние окружающей среды и здоровье населения. Экономические механизмы рационального природопользования и охраны окружающей среды. Экологический мониторинг

Гигиеническое нормирование показателей атмосферы, гидросферы, почвы и продуктов питания. Предельно допустимые концентрации (ПДК). Предельно допустимые выбросы (ПДВ). Предельно допустимые сбросы (ПДС). Санитарно-защитные зоны (СЗЗ). Экология и здоровье человека. Природные и антропогенные факторы, определяющие здоровье человека. Индивидуальное и популяционное здоровье. Экологические принципы рационального использования природных ресурсов и охраны природы. Основы экономики природопользования. Экологические платежи. Экологический мониторинг.

### 3.3. Темы практических занятий

#### 1 семестр

1. Выбросы загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух (2 часа).
2. Ущерб от загрязнения атмосферы котельными предприятиями (2 часа).
3. Эффективность работы очистных сооружений (2 часа).
4. Ущерб от загрязнения водоемов (2 часа).
5. Влияние электромагнитных полей на природные экосистемы. Электромагнитные поля используемые в производственных условиях (2 часа).



### **3.4 Темы лабораторных работ**

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

### **3.5 РГР**

РГР учебным планом не предусмотрены.

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/курсовая работа учебным планом не предусмотрены.

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 3)	Индекс компетенции	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п. 3.1)					Формы контроля
		1 семестр					
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
основные закономерности взаимодействия сообществ живых организмов (в том числе – и человеческого социума) с природной средой;	ОПК-2.5	X					Тест «Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах»
особенности воздействия разных отраслей хозяйственной деятельности человека на окружающую среду;	ОПК-2.5		X				Тест «Виды загрязнения окружающей среды. Воздействие на атмосферу. Воздействие на гидросферу. Экологические последствия загрязнения гидросферы»
основные виды загрязнения окружающей среды; последствия загрязнения окружающей природной среды для человека и населения в целом;	ОПК-2.5			X			Тест «Защита гидросферы. Методы очистки сточных вод. Основные понятия и определения безотходной технологии»
основные пути реализации природоохранной деятельности; основные нормативы качества окружающей среды;	ОПК-2.5				X		Тест «Принципы снижения теплового воздействия на окружающую среду»
основные законодательные акты России и международные соглашения	ОПК-2.5					X	Тест «Основы экономики природопользования. Экологические платежи. Экологический мониторинг»
<b>Уметь:</b>							
грамотно анализировать и самостоятельно и оценивать экологическую ситуацию в мире и в России;	ОПК-2.5	X					Контрольная работа «Определение массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух»
выявлять факторы риска основных заболеваний человека, связанных с загрязнением окружающей	ОПК-2.5		X				Контрольная работа «Оценка ущербов от загрязнения атмосферы

природной среды;							котельными предприятиями»
делать обоснованные, доказательные выводы; планировать типовые мероприятия по охране природы;	ОПК-2.5			X			Контрольная работа «Расчет эффективности работы очистных сооружений»
разрабатывать практические рекомендации по сохранению природной среды;	ОПК-2.5				X		Контрольная работа «Оценка ущерба от загрязнения водоемов»
применять нормативные правовые акты Российской Федерации в сфере экологии и здравоохранения	ОПК-2.5					X	Контрольная работа «Влияние электромагнитных полей на природные экосистемы. Расчет частот электромагнитного поля используемых в производственных условиях»
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.3.1)</i>		7	7	7	7	6	

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

###### **1 семестр**

– тестирование:

1. Тест «Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах»
2. Тест «Виды загрязнения окружающей среды. Воздействие на атмосферу. Воздействие на гидросферу. Экологические последствия загрязнения гидросферы»
3. Тест «Защита гидросферы. Методы очистки сточных вод. Основные понятия и определения безотходной технологии»
4. Тест «Принципы снижения теплового воздействия на окружающую среду»
5. Тест «Основы экономики природопользования. Экологические платежи. Экологический мониторинг»

– контрольные работы:

1. Контрольная работа «Определение массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух»
2. Контрольная работа «Оценка ущерба от загрязнения атмосферы котельными предприятиями»
3. Контрольная работа «Расчет эффективности работы очистных сооружений»
4. Контрольная работа «Оценка ущерба от загрязнения водоемов»
5. Контрольная работа «Влияние электромагнитных полей на природные экосистемы. Расчет частот электромагнитного поля используемых в производственных условиях»

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

###### **1 семестр**

Зачет с оценкой.

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

В приложение к диплому вносится оценка, полученная за 1 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1. Печатные и электронные издания:**

1. **Маринченко, А.В.** Экология [Электронный ресурс]: учебник / А.В. Маринченко. – 8-е изд., стер. - Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2020. <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573333>

2. **Тулякова, О.В.** Экология.[Электронный ресурс]: учебное пособие / О.В. Тулякова. – 2-е изд., стер. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2019. <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575175>
3. **Ветошкин, А.Г.** Основы инженерной экологии[Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.А. Кривошеин. – 2-е изд., стер. Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2021. <https://e.lanbook.com/book/152483>
4. **Денисов, В.В.** Экология и охрана окружающей среды. Практикум. [Электронный ресурс]: учебное пособие /В.В. Денисов, Т.И. Дровозова, Б.И. Хорунжий А.Г. [и др.]. – 2-е изд., стер. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: Лань, 2019. <https://e.lanbook.com/book/124585>
5. **Коробкин, В.И.** Экология :Учебник / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский – 7-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 576 с.
6. **Мазур, И.И.** Курс инженерной экологии:Учебник / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов – 2-е изд. – Москва, 2001. – 502 с.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point.

## **5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>  
Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>  
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>  
База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>  
База данных Scopus <https://www.scopus.com>  
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>  
База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>  
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>  
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>  
Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>  
База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>  
Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>  
Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>  
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>  
Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>  
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>  
Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных мультимедийными средствами для интерактивного обучения, оборудованных наглядными пособиями, оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Экология

(название дисциплины)

## 1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1	Тест «Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах»
КМ-2	Контрольная работа «Определение массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух»
КМ-3	Тест «Виды загрязнения окружающей среды. Воздействие на атмосферу. Воздействие на гидросферу. Экологические последствия загрязнения гидросферы»
КМ-4	Контрольная работа «Оценка ущерба от загрязнения атмосферы котельными предприятиями»
КМ-5	Тест «Защита гидросферы. Методы очистки сточных вод. Основные понятия и определения безотходной технологии»
КМ-6	Контрольная работа «Расчет эффективности работы очистных сооружений»
КМ-7	Тест «Принципы снижения теплового воздействия на окружающую среду»
КМ-8	Контрольная работа «Оценка ущерба от загрязнения водоемов»
КМ-9	Тест «Основы экономики природопользования. Экологические платежи. Экологический мониторинг»
КМ-10	Контрольная работа «Влияние электромагнитных полей на природные экосистемы. Расчет частот электромагнитного поля используемых в производственных условиях»

Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

Трудоемкость дисциплины = 2 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	зачет
1	Взаимодействие теплоэнергетического объекта с окружающей средой. Критерии оценки качества окружающей среды		+	+									+
2	Негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду. Основные направления по его снижению				+	+							+
3	Защита атмосферы. Экологизация технологических процессов. Защита гидросферы. Инженерные решения. Снижение «отходности» предприятий. Безотходная технология						+	+					+
4	Снижение теплового воздействия на окружающую среду. Снижение энергоемкости								+	+			+

	предприятий, как направление ресурсосбережения. Тепло утилизационное оборудование											
5	Экологическое нормирование. Состояние окружающей среды и здоровье населения. Экономические механизмы рационального природопользования и охраны окружающей среды. Экологический мониторинг									+	+	+
	Минимальный балл за КМ	5	7	5	7	5	7	5	7	5	7	60
	Максимальный балл за КМ	8	12	8	12	8	12	8	12	8	12	100

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и цифровые технологии,  
Цифровые системы релейной защиты и автоматики, Гидроэлектростанции и цифровые технологии**

**Уровень образования: бакалавр**

**Форма обучения: очная**

**Оценочные материалы по дисциплине**

**ФТД.03 ЭКОЛОГИЯ**

**Волжский 2022**



Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
- основные закономерности взаимодействия сообществ живых организмов (в том числе – и человеческого социума) с природной средой;	ОПК-2	Тест «Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах»
- особенности воздействия разных отраслей хозяйственной деятельности человека на окружающую среду; - основные виды загрязнения окружающей среды;	ОПК-2	Тест «Виды загрязнения окружающей среды. Воздействие на атмосферу. Воздействие на гидросферу. Экологические последствия загрязнения гидросферы»
- последствия загрязнения окружающей природной среды для человека и населения в целом; - основные пути реализации природоохранной деятельности;	ОПК-2	Тест «Защита гидросферы. Методы очистки сточных вод. Основные понятия и определения безотходной технологии»
- основные нормативы качества окружающей среды;	ОПК-2	Тест «Принципы снижения теплового воздействия на окружающую среду»
- основные законодательные акты России и международные соглашения.	ОПК-2	Тест «Основы экономики природопользования. Экологические платежи. Экологический мониторинг»
<b>Уметь:</b>		
грамотно анализировать и самостоятельно и оценивать экологическую ситуацию в мире и в России;	ОПК-2	Контрольная работа «Определение массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух»
- выявлять факторы риска основных заболеваний человека, связанных с загрязнением окружающей природной среды;	ОПК-2	Контрольная работа «Оценка ущерба от загрязнения атмосферы котельными предприятиями»
- делать обоснованные, доказательные выводы; - планировать типовые мероприятия по охране природы;	ОПК-2	Контрольная работа «Расчет эффективности работы очистных

		сооружений»
- разрабатывать практические рекомендации по сохранению природной среды;	ОПК-2	Контрольная работа «Оценка ущерба от загрязнения водоемов»
- применять нормативные правовые акты Российской Федерации в сфере экологии и здравоохранения; - самостоятельно работать с учебной, научной и справочной литературой.	ОПК-2	Контрольная работа «Влияние электромагнитных полей на природные экосистемы. Расчет частот электромагнитного поля используемых в производственных условиях»

### Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

#### Тест «Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах»

Тест состоит из 8 вопросов. Время выполнения 10 минут.

Пример варианта теста:

№ п/п	Наименование тестового задания и варианты ответов
1	<b>1. К антропогенным ландшафтам относятся:</b> а) поля, транспортные магистрали; б) полевые защитные полосы, каналы; в) промышленные агломерации, пруды; г) все вышеперечисленное.
2	<b>2. Прямое воздействие человека на животных заключается в:</b> а) гибели животных от химических веществ, применяемых для борьбы с вредителями полей; б) гибели из-за пожаров, возникших в результате грозы; в) гибели из-за эпидемии заболеваний; г) гибели животных в следствие засухи.
3	<b>3. Косвенное влияние человека на животных оказывается в результате:</b> а) вырубки лесов, строительства сел; б) распашке степей, прокладки дорог; в) осушения болот, строительства городов; г) все вышеперечисленное.
4	<b>4. Наибольшее воздействие из всех видов транспорта на состояние окружающей среды оказывает:</b> а) автомобильный; б) внутренний водный; в) железнодорожный; г) гужевой
5	<b>5. Антропогенное воздействие на природу проявляется в:</b> а) резком сокращении площади ненарушенных естественных экосистем; б) уменьшении биологического разнообразия; в) появлениях признаков нарушения биосферного равновесия; г) все вышеперечисленное.
6	<b>6. Антропогенное воздействие на природу проявляется в:</b> а) резком сокращении невозобновляемых минеральных ресурсов; б) резком сокращении невозобновляемых топливных ресурсов; в) увеличении отходов производства и потребления; г) все вышеперечисленное
7	<b>7. Наименьшее воздействие из всех видов транспорта на состояние окружающей среды оказывает:</b> а) автомобильный; б) внутренний водный; в) железнодорожный; г) морской.
8	<b>8. Прямое воздействие человека на животных заключается в:</b>

	а) гибели животных от химических веществ, применяемых для борьбы с вредителями полей; б) гибели из-за пожаров, возникших в результате грозы; в) гибели из-за эпидемии заболеваний; г) гибели животных вследствие засухи.
--	---

По результатам тестирования выставляется:

- 8 баллов если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6,5 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 5 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

### **Тест «Виды загрязнения окружающей среды. Воздействие на атмосферу. Воздействие на гидросферу. Экологические последствия загрязнения гидросферы»**

Тест состоит из 8 вопросов. Время выполнения 10 минут.

Пример варианта теста:

№ п/п	Наименование тестового задания и варианты ответов
1	<b>Загрязнители атмосферы по агрегатному состоянию делятся:</b> А) Горячие и холодные. В) Химические и физические. С) Газообразные, жидкие и твердые вещества. Д) Газообразные, жидкие и аэрозольные. Е) Органические и неорганические.
2	<b>Основной причиной разрушения озонового слоя является:</b> А) Биологические отходы животных. В) Выбросы промышленных предприятий. С) Фреоны. Д) Сжигание ископаемого топлива. Е) Канцерогенные вещества.
3	<b>Наиболее распространенный вид прямого регулирования водных ресурсов:</b> А) Строительство водохранилищ. В) Строительство каналов. С) Забор воды с помощью насосов. Д) Изменение русла рек. Е) Сбор сточных вод
4	<b>Природные ресурсы необходимые для жизнедеятельности человека:</b> А) Продукты питания. В) Экологические. С) Энергетические. Д) Лес. Е) Сырьевые.
5	<b>К исчерпаемым природным ресурсам относят:</b> А) Космические. В) Флора, фауна, почва. С) Солнечная радиация. Д) Воды мирового океана. Е) Атмосферный воздух
6	<b>По степени очистки промышленные отходы делятся на:</b> А) Проходящие очистку, непроходящие очистку. В) Выбрасываемые после очистки. С) Периодические и непериодические. Д) Организованный и неорганизованный. Е) Горячие и холодные.
7	<b>Промышленные выбросы по способу попадания в атмосферу делятся на:</b> А) Химические и физические. В) Холодные и горячие. С) Органические и неорганические. Д) Организованные и неорганизованные. Е) Газообразные, жидкие и твердые.

8	<p><b>Что сделано на первом этапе развития экологии?</b></p> <p>А) Собрано много видов животных</p> <p>В) Изучение природы заменяется господством схоластики и богословия.</p> <p>С) Научились использовать огонь и орудия труда.</p> <p>Д) Изучен круговорот веществ.</p> <p>Е) Накоплен и систематизирован фактический материал об условиях жизни живых организмов.</p>
---	---

По результатам тестирования выставляется:

- 8 баллов если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6,5 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 5 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

**Тест «Защита гидросферы. Методы очистки сточных вод. Основные понятия и определения безотходной технологии»**

Тест состоит из 8 вопросов. Время выполнения 10 минут.

Пример варианта теста:

№ п/п	Наименование тестового задания и варианты ответов
1	<p><b>Установите иерархию систем мониторинга от простого к сложному:</b></p> <p>а) глобальный фоновый мониторинг;</p> <p>б) мониторинг источников;</p> <p>в) региональный мониторинг;</p> <p>г) импактный мониторинг;</p>
2	<p><b>Предприятия, на которых осуществляется как добыча, так и химическая переработка сырья по потенциальным возможностям загрязнения биосферы относятся:</b></p> <p>а) к первой группе;</p> <p>в) к третьей группе;</p> <p>б) ко второй группе;</p> <p>г) к четвертой группе</p>
3	<p><b>К оборудованию для улавливания пыли сухим способом, относятся:</b></p> <p>а) пылеосадительные камеры;</p> <p>б) циклоны;</p> <p>в) абсорберы;</p> <p>г) скрубберы;</p> <p>д) пенные аппараты;</p>
4	<p><b>К оборудованию для улавливания пыли сухим способом, не относятся:</b></p> <p>а) пылеосадительные камеры;</p> <p>б) циклоны;</p> <p>в) вихревые циклоны;</p> <p>г) насадочные башни;</p>
5	<p><b>Дождевые и от таяния снега сточные воды, называются:</b></p> <p>а) производственные;</p> <p>б) бытовые;</p> <p>в) атмосферные;</p> <p>г) комбинированные;</p>
6	<p><b>Для задержания крупных загрязнений и частично взвешенных веществ применяют:</b></p> <p>а) усреднитель;</p> <p>б) решетку;</p> <p>в) фильтр;</p>

	г) отстойник;
7	<b>К физико-химическим методам очистки сточных вод не относятся:</b> а) флотация; б) экстракция; в) ионный обмен; г) процеживание;
8	<b>Сооружениями для биологической очистки сточных вод являются:</b> а) биофильтры; б) аэротенки; в) окситенки; г) озера; д) пруды;

По результатам тестирования выставляется:

- 8 баллов если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6,5 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 5 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

### **Тест «Принципы снижения теплового воздействия на окружающую среду»**

Тест состоит из 8 вопросов. Время выполнения 10 минут.

Пример варианта теста:

№ п/п	Наименование тестового задания и варианты ответов
1	<b>Что относится к вторичным энергетическим ресурсам?</b> а) уголь б) древесное топливо в) электроэнергия г) тепло продуктов сгорания
2	<b>Для чего не может использоваться очищенная сточная вода?</b> а) полив спортивных объектов б) пожаротушение в) приготовление продуктов питания г) мойка тротуаров
3	<b>Для чего не может использоваться очищенная сточная вода?</b> а) полив спортивных объектов б) пожаротушение в) приготовление продуктов питания г) мойка тротуаров
4	<b>Предельно допустимый выброс (ПДВ) – это:</b> а) это выброс данного вещества в окружающую среду в единицу времени, не оказывающий влияние на здоровье человека и его потомство при контакте с ним (веществом) в течение определенного промежутка времени б) это выброс вещества, не оказывающий влияние на здоровье человека и его потомство при ежедневном контакте с ним (веществом) в течение 8 часов в течение всего рабочего стажа в) максимальное количество вещества, которое может быть выброшено в воздух данным предприятием в единицу времени, не ведущее к превышению в воздухе его предельно допустимой концентрации д) максимальный объем сточных вод, выбрасываемых в водный объект за единицу времени, не приводящий к превышению в воде предельно допустимой концентрации данной примеси
5	<b>К какой оболочке земли относятся такие компоненты, как земная кора, мантия, почвенный слой?</b> а) атмосфера

	б) гидросфера в) биосфера г) литосфера
6	<b>К какой группе природных ресурсов относятся нефть, газ, торф?</b> а) минерально-сырьевые б) энергетические в) водные г) средозащитные
7	<b>Что не относится к источникам загрязнения атмосферы?</b> а) пылевые бури б) лесные пожары в) извержение вулкана г) сточные воды ЖКХ
8	<b>Как называется мера дозы радиоактивного облучения?</b> а) беккерель б) бэр в) распад г) активность

По результатам тестирования выставляется:

- 8 баллов если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6,5 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 5 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

### **Тест «Основы экономики природопользования. Экологические платежи. Экологический мониторинг»**

Тест состоит из 8 вопросов. Время выполнения 10 минут.

Пример варианта теста:

№ п/п	Наименование тестового задания и варианты ответов
1	<b>Что не относится к физическим загрязнителям окружающей природной среды?</b> а) шум б) вибрация в) электромагнитные излучения г) радиоактивные выбросы
2	<b>Исходя из чего рассчитываются предельно допустимые выбросы вредных веществ (выберите неверный вариант)?</b> а) количество источников загрязнения б) высота расположения источников загрязнения в) наличие водоемов вблизи источников загрязнения г) распределение выбросов во времени и пространстве
3	<b>В какой зоне дымового факела максимальна концентрация выбросов?</b> а) зона переброса факела б) зона задымления в) зона удушения г) зона постепенного снижения уровня загрязнения
4	<b>Предельно допустимый сброс (ПДС) – это:</b> а) максимальное количество вещества, которое может быть выброшено в воздух данным предприятием в единицу времени б) это выброс вещества, не оказывающий влияние на здоровье человека и его потомство при ежедневном контакте с ним (веществом) в течение 8 часов в течение

	<p>всего рабочего стажа</p> <p>в) это выброс данного вещества в окружающую среду в единицу времени, не оказывающий влияние на здоровье человека и его потомство при контакте с ним (веществом) в течение определенного промежутка времени</p> <p>д) масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в данном месте в единицу времени и не приводящая к превышению ПДК данного вещества в контрольном растворе.</p>
5	<p><b>Чем должна отделяться жилая застройка от промышленного предприятия?</b></p> <p>а) санитарно-защитной зоной</p> <p>б) забором</p> <p>в) живой изгородью</p> <p>г) зоной переброса факела</p>
6	<p><b>Какой процесс не относится к механической очистке от взвесей и дисперсионно-коллоидных частиц?</b></p> <p>а) процеживание</p> <p>б) абсорбция</p> <p>в) отстаивание</p> <p>г) фильтрование</p>
7	<p><b>В результате какого производства воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами?</b></p> <p>а) безотходное</p> <p>б) малоотходное</p> <p>в) водное</p> <p>г) машиностроительное</p>
8	<p><b>Какой класс отходов наиболее опасен?</b></p> <p>а) 1 класс</p> <p>б) 2 класс</p> <p>в) 3 класс</p> <p>г) 4 класс</p>

По результатам тестирования выставляется:

- 8 баллов если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 6,5 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 5 балла, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

### **Контрольная работа «Определение массы выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух»**

В настоящее время одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха являются автотранспортные средства (АТС). На любом предприятии, в том числе и на объектах энергетики, имеется автопарк,, который загрязняет атмосферный воздух.

В основу методики расчета выбросов вредных веществ автомобильным транспортом заложен нормируемый удельный выброс по автомобилям отдельных групп (грузовые, автобусы, легковые) и классов (по грузоподъемности, габаритным размерам для автобусов, по рабочему объему двигателя для легковых автомобилей) для каждого типа двигателя (бензиновый, дизельный). При этом выброс вредных веществ корректируется в зависимости от ряда наиболее существенных факторов. В результате, в общем виде, расчет массы вредных выбросов, поступающих в атмосферный воздух от АТС средств, производится по формуле:

$$M_i = \sum_j \sum_k \sum_g m_{ijk} \cdot L_{ik} \cdot \sum_g K_{ijkg}$$

где  $M_i$  - масса  $i$ -го вредного вещества (оксида углерода - CO, углеводородов - CH, оксидов азота - NO<sub>x</sub> и др.);

$j$  - количество групп автомобилей;

$k$  - количество классов автомобилей в данной группе;

$g$  - количество типов двигателей, используемых в данном классе автомобилей данной группы;

$m_{ijk}$  - пробеговый выброс  $i$ -го вредного вещества автомобилем  $j$ -ой группы  $k$ -го класса с  $g$ -ым типом двигателя при движении, г/км;

$\sum K_{ijkg}$  - произведение коэффициентов влияния факторов на выброс  $i$ -го вредного вещества автомобилем  $j$ -ой группы  $k$ -го класса с  $g$ -ым типом двигателя.

По действующей методике для отдельных групп автомобилей учитывают различные коэффициенты влияния, в результате чего расчетные формулы для  $i$ -го загрязняющего вещества имеют вид:

- для легковых автомобилей  $k$ -го класса с двигателем  $g$ -го типа

$$M_{ikg} = m_{ikg} \cdot L_{kg} \cdot K_{rig} \cdot K_{tig}$$

где  $m_{ikg}$  - пробеговый выброс  $i$ -го вредного вещества легковыми автомобилями  $k$ -го класса (с двигателем  $k$ -го рабочего объема) с двигателями  $g$ -го типа при движении, г/км (см. табл. 3);

$L_{kg}$  - пробег легковых автомобилей  $k$ -го класса с двигателем  $g$ -го типа, млн. км;

$K_{rig}$  - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ легковыми автомобилями при движении;

$K_{tig}$  - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния легковых автомобилей.

Таблица 3.

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями с бензиновым двигателем, г/км

Рабочий объем двигателя, л	Населенный пункт		
	CO	CH	NO <sub>x</sub>
Менее 1,3	11,4	2,1	1,3
1,3 - 1,8	13	2,6	1,5
1,8 - 3,5	14	2,8	2,7



- для грузовых автомобилей k-го класса с двигателем g-го тип

$$M_{ikg} = m_{ikg} \cdot L_k \cdot k_{ni} \cdot K_{ri} \cdot K_{tig} \cdot T$$

где  $m_{ikg}$ - пробеговый выброс i-го вредного вещества грузовыми авто- мобилями k-го класса (k-ой грузоподъемности) с двигателями g-го типа при движении, г/км (см.табл. 4);

$L_{kg}$  - пробег грузовых автомобилей k-го класса с двигателями g-го типа, млн. км;

$K_{nig}$  - коэффициент учитывающий изменение пробегового выброса от уровня использования грузоподъемности и пробега;

$K_{rig}$  - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ грузовыми автомобилями;

$K_{tig}$  - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния грузовых автомобилей.

Таблица 4. Пробеговые выбросы загрязняющих веществ грузовыми автомобилями, г/км

Грузоподъёмность автомобиля или автопоезда, т	Тип двигателя	Населенный пункт		
		CO	CH	NO <sub>x</sub>
0,5-2,0	Б	22	3,4	2,6
2,0-5,0	Б	52,6	4,7	5,1
2,0-5,0	Д	2,8	1,1	8,2
5,0-8,0	Б	73,2	5,5	9,2
5,0-8,0	Д	3,2	1,3	11,4

- для автобусов k-го класса с двигателем g-го типа, используемым на перевозках h-го типа

$$=$$

$$M_{ikgh} = m_{ikg} \cdot L_{kg} \cdot K_{hi} \cdot K_{ri} \cdot K_{tig} \cdot T$$

где  $m_{ikg}$  - пробеговый выброс I - го вредного вещества автобусом k-го класса (k-го габарита) с двигателями g-го типа при движении, г/км (см. табл. 5);

$L_{kgh}$  - пробег автобусов k-го класса с двигателями g-го типа при использовании в качестве маршрутного или на других видах перевозок, млн. км;

$K_{kgh}$  - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от вида перевозок;

$K_{rig}$  - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ автобусами при движении по территории населенного пункта;

$K_{tig}$  - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автобусов.

Значения коэффициентов влияния приведены в таблице 6.

Таблица 5

Пробеговые выбросы загрязняющих веществ автобусами, г/км

Класс автобуса (L габаритная длина, м)	Тип двигателя	Населенный пункт		
		СО	СН	NO <sub>x</sub>
Особо малые (L менее 5)	Б	13,5	2,9	3
Малый (6,0 < L < 7,5)	Б	44	3,4	6,1
Средний	Б	67,1	5	9,9
	Д	4,5	1,4	9,1
Большой (10,5 < L < 12)	Б	104	7,7	10,4
	Д	4,9	1,6	10
Особо большой (L > 12)	Д	5	1,6	11

Таблица 6.

Значения коэффициентов влияния в формуле

Группа авто транспортных средств	Тип двигат еля	Коэфф ициент ы	Населенный пункт		
			СО	СН	NO <sub>x</sub>
Легковые автомобили	Б	K <sub>rig</sub>	0.87	0.92	0.95
		K <sub>tig</sub>	1.75	1.48	1
Грузовые автомобили	Б	K <sub>rig</sub>	0.89	0.85	0.79
		K <sub>nig</sub>	0.68	0.87	0.67
		K <sub>tig</sub>	2	1.83	1
	Д	K <sub>rig</sub>	0.95	0.93	0.92
		K <sub>nig</sub>	0.68	0.76	0.82
		K <sub>tig</sub>	1.6	2.1	1
Автобусы	Бмп	K <sub>rig</sub>	0.89	0.85	0.79
		K <sub>h1</sub>	0.9	0.96	0.89
		K <sub>tig</sub>	2	1.83	1
	Дмп	K <sub>rig</sub>	0.95	0.93	0.92
		K <sub>h1</sub>	0.89	0.92	0.93
		K <sub>tig</sub>	1.6	2.1	1

### Задание:

Рассчитать валовый выброс вредных веществ (оксида углерода – CO, оксидов азота – NO<sub>x</sub>, углеводородов – CH) от автотранспорта по территории города за год. Исходные данные следующие:

- годовой пробег (в млн. км) грузовых автомобилей с бензиновым ДВС

– L<sub>x</sub>; грузовых автомобилей дизельных – L<sub>y</sub>; автобусов бензиновых – L<sub>z</sub>; автобусов дизельных – L<sub>w</sub>; легковых автомобилей – L<sub>r</sub> (значение годовых пробегов для каждого варианта расчета см. в табл. 7);

- пробеги внутри перечисленных групп автомобилей распределяются пропорционально структуре парка: легковые автомобили с рабочим объемом двигателя менее 1,3 л – 24 %, 1,3-1,8 л – 65 %, 1,8 л и более – 11 %; грузовые с бензиновым двигателем грузоподъемностью 0,5-2,0 т – 18%, 2,0-5,0 т – 68 %, 5,0-8,0 – 14 %; грузовые с дизельным двигателем грузоподъемностью 2,0- 5,0 т – 80 %, 5,0-8,0 т – 20 %; среднего класса (8,0-9,5 м) – 80 %, большого класса (10,5-12,0 м) – 20 %; автобусы с дизельным двигателем, в том числе среднего класса – 1 %, большого класса – 44 %, особо большого класса – 55 %;

- пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автотранспортных средств и поправочные коэффициенты (коэффициенты влияния) задаются.

Результаты расчетов заносятся в итоговую таблицу 8.

Таблица 7.

Годовые пробеги АТС по территории города, млн. км

№ п/п	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>z</sub>	L <sub>w</sub>	L <sub>r</sub>
1	472,41	70,59	253	0	615
2	944,82	141,18	506	0	1250
3	321,44	48,55	201,3	20,4	0
4	567,98	75,66	276,7	25,4	0
5	984,33	154,62	521,6	47,6	0
6	523,55	73,84	260,1	23,9	0
7	237,77	43,67	168,4	18,3	0
8	485	72,34	256,8	22,7	0
9	671,44	83,25	307,8	26,1	0
10	338,91	50,72	230	21,1	0

—  
—  
—

Таблица 8.

Форма представления результатов расчета.

Группы и классы АТС	Выброс CO		Выброс CH		Выброс NO <sub>x</sub>		CO+CH+NO <sub>x</sub>	
	т	%*	т	%	т	%	т	%

Легковые с бензиновым ДВС рабочим объемом								
менее 1,3								
1,3 1,8								
1,8 и более								
Итого								
Грузовые с бензиновым ДВС грузоподъемностью								
0,5 2,0т								
2,0 5,0т								
5,0 8,0т								
Итого								
Грузовые с дизельными двигателями грузоподъемностью								
2,0 5,0т								
5,0 8,0т								
Итого								
Автобусы с бензиновыми ДВС маршрутные								
8,0 9,5 м								
10,5 12,0 м								
Итого								
Автобусы с дизельными ДВС маршрутные								
8,0 9,5 м								
10,5 12,0 м								
Более 12,0 м								
Итого								
Всего выбросы вредных веществ								

\* — проценты берутся по отношению выброса «всего»

## Контрольная работа «Оценка ущербов от загрязнения атмосферы котельными предприятиями»

Котлоагрегаты котельных работают на различных видах топлива, и выбросы загрязняющих веществ зависят как от количества и вида топлива, так и от вида теплоагрегата. Учитываемыми загрязняющими веществами, выделяющимися при сгорании топлива, являются: твердые частицы (зола), оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, пятиокись ванадия.

Выброс твердых частиц (зола) в дымовых газах котельных определяется по формуле:

$$M_{TB} = \frac{q_T \cdot m \cdot f}{L_T}$$

где  $q_T$  – зольность топлива, %;

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

$f$  – безразмерный коэффициент, зависящий от типа топки и топлива; для котельных, работающих на мазуте, принять  $f = 0,01$ ; на угле  $f = 0,0023$ ;

$L_T$  – эффективность золоуловителей; при использовании циклона для очистки отходящих газов котельной  $L_T = 0,8$ .

Таблица 9.

Характеристики топлив.

Вид топлива	$q_T$ , %	$S^r$ , %	$Q_i^r$ , МДж/кг
Мазут:			
малосернистый	0,1	0,5	40,3
сернистый	0,1	1,9	39,85
высокосернистый	0,1	4,1	38,89
Уголь:			
Черемховский	27	1	17,93
Азейский	14,2	0,4	16,96
Канско-Ачинский	6,7	0,2	15,54
Бурятский	16,9	0,7	16,88
Минусинский	17,2	0,5	20,16

Выброс оксида углерода рассчитывается по формуле:

$$M_{CO} = C_{CO} \cdot m \cdot \left( 1 - 0,01 \cdot q_1 \right) \cdot 10^3$$

где  $q_1$  – потери теплоты вследствие механической неполноты сгорания топлива, %; для мазута  $q_1 = 0,5$ , для угля  $q_1 = 5,5$ ;

$C_{CO}$  – выход окиси углерода при сжигании топлива, кг/т;

$$C_{co} = q_2 \cdot R \cdot Q_1^r$$

где  $q_2$  – потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания, %; для котельных предприятий железнодорожного транспорта принимается  $q_2 = 0,5$ ;  $R$  – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания:  $R = 1$  для твердого топлива;  $R = 0,5$  для

газа;  $R = 0,65$  для мазута;

$Q_1^r$  – низшая теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг (табл. 9). Выброс оксидов азота, т/год, определяется по формуле:

$$M_{NO_2} = m \cdot Q_1^r \cdot K_{NO_2} \cdot \beta \cdot 10^{-3}$$

где  $K_{NO_2}$  – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ГДж для различных видов топлива в зависимости от производительности котлоагрегата; для мазута  $K_{NO_2} = 0,11$ ; для угля  $K_{NO_2} = 0,23$ ;

$\beta$  – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов оксида азота в результате применения технических решений. Для котлов производительностью до 30 т/час  $\beta = 0$ .

Выброс оксидов серы, т/год, определяется только для твердого и жидкого топлива по формуле:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot m \cdot S^r \cdot (1 - \eta_{so}^r) \cdot (1 - \eta_{so}^d)$$

где  $S^r$  – содержание серы в топливе, % (табл. 9);

$\eta_{so}^r$  – доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива. Для углей Канско-Ачинского бассейна принимается равной 0,2, экибастузских – 0,02, прочих углей – 0,1; мазута – 0,2;

$\eta_{so}^d$  – доля оксидов серы, улавливаемая в золоуловителе. Для сухих золоуловителей принимается равной 0.

Расчет выбросов пятиоксида ванадия, поступающей в атмосферу с дымовыми газами при сжигании жидкого топлива, выполняется по формуле:

$$M_{V_2O_5} = C_{V_2O_5} \cdot B' \cdot (1 - \eta_{oc}) \cdot (1 - \eta_T) \cdot 10^{-3}$$

где  $B'$  – количество израсходованного мазута за год, т;

$C_{V_2O_5}$  – содержание пятиоксида ванадия в жидком топливе, г/т; (при

отсутствии результатов анализа топлива для мазута с  $S^r > 0,4$  % определяют по формуле представленной ниже;

$\eta$  – коэффициент оседания пятиоксида ванадия на поверхности нагрева котлов: 0,07 – для котлов с промежуточными паронагревателями, очистка поверхностей нагрева которых производится в остановленном

состоянии; 0,05 – для котлов без промежуточных паронагревателей при тех же условиях очистки (принять при расчетах); 0 – для остальных случаев;

$\eta$  – доля твердых частиц в продуктах сгорания жидкого топлива, улавливаемых в устройствах для очистки газов мазутных котлов (оценивается по средним показателям работы улавливающих устройств за

год). В практической работе принимается  $\eta = 0,85$ .

Содержание пятиоксида ванадия в жидком топливе ориентировочно определяют по формуле

$$C_{\text{V}_2\text{O}_5} = 95,4 S' - 31,6$$

Для каждого источника загрязнения воздушной среды устанавливаются нормативы предельно-допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу. ПДВ устанавливаются с учетом ПДК загрязняющих веществ, уровня их фоновых концентраций, гидрологических, гидрохимических, климатологических, геофизических характеристик территорий и природных объектов. Сущность внедрения ПДВ – ограничение разовых выбросов.

Предельно-допустимый выброс (ПДВ) – масса загрязняющих веществ, выброшенная в воздушный бассейн в единицу времени, которая не создает в приземном пространстве уровень загрязнения выше, чем ПДК.

Платежи предприятия за нормативный выброс загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. руб./год, определяются зависимостью

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^n \Pi_{\text{уд.н.}i} \cdot M_i \cdot 10^{-5} \quad \text{при } M_i \leq M_{\text{ПДВ}i},$$

где  $\Pi_{\text{уд.н.}i}$  – ставка платы за выброс 1 т i-го загрязняющего вещества в пределах ПДВ, руб.;

$M_i$  – фактическая масса выброса i-го загрязняющего вещества, т/год;

$M_{\text{ПДВ}i}$  – масса предельно-допустимого выброса i-го загрязняющего вещества, т/год.

Ставка платы, руб./т, за нормативный выброс i-го загрязняющего вещества определяется по формуле

$$\Pi_{\text{уд.н.}i} = H_{\text{бл.}i} K_{\text{э.атм.}} K_{\text{и}}$$

где  $H_{\text{бл.}i}$  – базовый норматив платы за выброс i-го загрязняющего вещества, руб./т;

$K_{\text{э.атм.}}$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы; для  $K_{\text{э.атм.}} = 1,4$ ;

$K_{\text{и}}$  – коэффициент индексации (утверждается по каждому году Минприроды России по согласованию с Минфином и Минэкономки России). В практической работе принимается  $K_{\text{и}} = 90$ .

При отсутствии нормативов ПДВ для источника выбросов в атмосферу плата за загрязнение считается сверхнормативной и взимается в пятикратном размере.

В практической работе требуется определить массы выбросов загрязняющих веществ в зависимости от вида и количества израсходованного топлива ( $M_i$ ), годовой ущерб от загрязнения атмосферы каждым из загрязняющих веществ ( $\Pi_i$ ) и суммарные значения этих величин ( $M$ ,  $\Pi$ ). Результаты расчетов сводятся в таблицу по типу таблицы 10. Исходные данные к практической работе приведены в таблице 11.

Таблица 10.

Индивидуальная таблица расчетов ущербов от загрязнения атмосферы

i	Ингредиенты загрязнения	$M_i$ , т/год	$H_{\text{бл.}i}$ , руб./т		$\Pi_i$ , тыс.руб./год
			уголь	мазут	
1	<i>Зола</i>		0,17	8,25	
2	Оксид углерода (CO)		0,005		
3	Оксиды азота (NO <sub>x</sub> )		0,42		
4	Оксиды серы (SO <sub>x</sub> )		0,33		
5	Пятиокись ванадия (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		—	8,25	
	Итого	$\Sigma$			$\Sigma$

Таблица 11.

Исходные данные по вариантам

№ вар.	Вид топлива	Расход топлива, т/год
1	уголь Азейский	10000
2	мазут высокосернистый	2400
3	уголь Черемховский	12000
4	мазут сернистый	2700
5	уголь Канско-Ачинский	15000
6	мазут малосернистый	3000
7	уголь Бурятский	13000
8	уголь Минусинский	12500
9	уголь Черемховский	16000
10	уголь Азейский	20000



## Контрольная работа «Расчет эффективности работы очистных сооружений»

Очистка сточных вод – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ с целью улучшения ее качества, одно из важнейших мероприятий по охраны гидросферы от загрязнения. Очистку сточных вод можно осуществлять различными способами, которые можно классифицировать следующим образом: механическая (отстаивание, фильтрация, использование гидроциклонов), физико-химическая (коагуляция, флотация), химическая (окисление, нейтрализация) и биологическая очистка (аэротенки, биологические пруды, биофильтры.). Выбор метода и соответствующего оборудования определяется характеристиками загрязнений, их концентрацией, физическими и химическими свойствами, а также требованиями эффективности очистки сбросов.

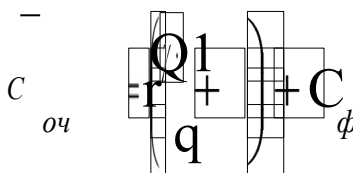
Глубина очистки сточных вод очистными сооружениями и вынос примесей в водные объекты устанавливаются на основе нормативов предельно допустимых сбросов (ПДС) и временно согласованных сбросов (ВСС).

Показателями качества воды – несущей среды сбросов – являются значения концентраций в ней вредных веществ  $c_i$ . Необходимая эффективность очистки  $\eta_i$  сточных вод от  $i$ -го загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$\eta_i = \frac{C_{ст} - C_{оч}}{C_{ст}} \cdot 100$$

где  $C_{ст}$  – концентрация вещества в сточной воде поступающей на очистку, мг/л;

$C_{оч}$  – концентрация загрязняющего вещества на выходе из устройства, разрешенный к сбросу в водный объект, мг/л.



где  $\gamma$  - разрешенное увеличение содержания загрязняющего вещества в воде водного объекта в расчетном створе;

$Q$  – расход водотока, м<sup>3</sup>/с;

$q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$\gamma$  – коэффициент смешения для рассматриваемого участка водоема;

$C_{\phi}$  концентрация веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод, мг/л.

Эффективность очистки имеет, по существу, смысл коэффициента полезного действия (КПД) соответствующего устройства. Вследствие большого разнообразия свойств примесей (например, их фазового состояния, фракционного состава, температуры и др.) в потоке сточных вод решить задачу приемлемой очистки в каком-либо одном устройстве практически невозможно. Отмеченное, определяет необходимость применения системы из последовательно соединенных аппаратов, которая дает общую эффективность по  $i$ -й примеси:

$$\eta_{\text{общ}} = (1 - \eta_{i1}) \cdot (1 - \eta_{i2}) \cdot \dots \cdot (1 - \eta_{in})$$

где  $\eta_{ij}$  – эффективность очистки от  $i$ -й примеси в  $j$ -м устройстве.

Конструктивные решения устройств очистки весьма разнообразны, однако, заложенных в них принципов вывода загрязняющих веществ немного: гравитационное осаждение (отстаивание), фильтрование, флотация, инерционное разделение, биологическая очистка и ряд других. В данной работе рассмотрим технические устройства, действие которых основано на реализации фильтрации, флотации, инерционного разделения, биологической очистке. В сложных системах очистки сточных вод эти устройства могут выступать в качестве отдельных элементов.

#### Задание

1. Произвести расчет необходимой эффективности очистки сточных вод от загрязняющих веществ (представленных в таблице №13) сбрасываемых предприятием в водные объекты, учитывая его назначение.

2. На основе произведенных расчетов для каждого вещества предложить очистное сооружение из представленных в таблице №14, либо их комбинацию обеспечивающих необходимую степень очистки.

Таблица 12.

Индивидуальные данные

№	Q м³/с	q м³/с	$\gamma$	Назначение водного объекта
1	35	0,6	0,73	Рыбохозяйственное
2	30	0,5	0,66	Рыбохозяйственное
3	31	0,65	0,65	Рыбохозяйственное
4	32	0,75	0,68	Рыбохозяйственное
5	33	0,8	0,67	Рыбохозяйственное
6	34	0,45	0,68	Рыбохозяйственное
7	36	0,65	0,69	Рыбохозяйственное

8	29	0,55	0,70	Рыбохозяйственное
9	37	0,4	0,71	Рыбохозяйственное
10	28	0,7	0,72	Рыбохозяйственное
1	35	0,6	0,73	Хозяйственно-питьевое
2	30	0,5	0,66	Хозяйственно-питьевое
3	31	0,65	0,65	Хозяйственно-питьевое
4	32	0,75	0,68	Хозяйственно-питьевое
5	33	0,8	0,67	Хозяйственно-питьевое
6	34	0,45	0,68	Хозяйственно-питьевое
7	36	0,65	0,69	Хозяйственно-питьевое
8	29	0,6	0,70	Хозяйственно-питьевое
9	37	0,5	0,71	Хозяйственно-питьевое
10	28	0,4	0,72	Хозяйственно-питьевое

Таблица 13.  
Расчетные данные

Наименование ингредиента	Разрешенное увеличение содержания загрязняющего вещества в воде водного объекта в расчетном створе.		С <sub>ст</sub> , концентрация веществ, поступающая на очистку, мг/л	С <sub>ф</sub> , концентрация веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод, мг/л
	Хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового назначения	Рыбохозяйственного назначения		
Взвешенных веществ	0,25	2	250	3
Медь	0,05	0,03	12,5	0,02
Нефтепродукты	0,05	0,03	12,1	0,09
Фенолы	0,0008	0,0009	4,95	0,01
Цинк	0,8	0,01	79,5	1,2
Свинец	0,05	0,05	9,8	0,1
Кадмий	0,005	0,002	14,5	0,007
Мышьяк	0,009	0,009	7,9	0,005
Сероуглерод	0,8	0,8	67	0,9

Таблица 14. Очистные сооружения

Наименование			
--------------	--	--	--

ние техническог о средства очистки	Используем ый принцип	Удаляемые Загрязнители	Эффективност ь
Флотатор	Флотация	Нефтепродукты , ПАВ	до 0,99
		Взвешенные вещества	0,99
		Фенолы	0,65
		Азот аммонийный	0,25
		Фосфаты, медь, мышьяк, сероуглерод	0,65
		Железо, кадмий, цинк, свинец	0,7
Гидроциклон	Инерцион ное разделение	Нефтепродукты	0,5
		Взвешенные вещества	0,7
		Мышьяк, сероуглерод	0,6
		Медь, цинк, свинец, кадмий	0,56
Установка биологическ ой очистки	Биологичес кая очистка	Нефтепродукты	0,999
		Взвешенны е вещества, цинк	0,6
		Кадмий	0,5
		Медь	0,65
		Мышьяк, свинец	0,4
		Фенолы	0,8
		Азот аммонийный	0,35
Скорос тной зернисты й контактн ый фильтр	Фильтрация	Нефтепродукты ,	0,7
		Взвешенные вещества	0,99
		Фенолы	0,45
		Азот аммонийный	0,25

		Фосфаты, медь, мышьяк	0,5
		Железо, кадмий, цинк, свинец	0,75

### Контрольная работа «Оценка ущерба от загрязнения водоемов»

Экологический ущерб – это понижение качества (полезности) окружающей среды вследствие ее загрязнения. Ущерб выражается суммой дополнительных затрат по воспроизводству и восстановлению качества природных ресурсов в данном регионе до уровня, предшествующего осуществлению загрязнения от рассматриваемого объекта. В настоящее время оценка годового экологического ущерба, нанесенного окружающей среде сбросами загрязняющих веществ в водоемы, выбросами в атмосферу или промышленными отходами предприятий осуществляется с учетом платежей за его компенсацию, установленных предприятиям-загрязнителям в соответствии с действующим законодательством.

Платежи не являются ни наказанием за сбросы отходов (штрафом), ни разрешением ухудшать экологическую ситуацию региона в пределах финансовых возможностей промышленного объекта. Основное назначение такой реакции общества – стимулировать усилия предпринимателей на внедрение более совершенных малоотходных и экологически щадящих технологий на основном производстве и более эффективных методов и устройств очистки выбросов и сбросов.

Физическая масса годового сброса (фактический сброс)  $i$ -ой примеси, т/год, определяется из следующего соотношения:

$$m_i = c_i V 10^{-3}$$

где  $c_i$  – среднегодовое значение концентрации  $i$ -го вещества, определяемое регулярным лабораторным анализом, мг/л;

$V$  – объем годового сброса сточных вод, тыс. м<sup>3</sup>.

Платежи предприятия за нормативный сброс загрязняющих веществ в водоемы, тыс. руб./год, определяются зависимостью:

$$P_n = \sum_{i=1}^n P_{уд.н.i} \cdot m_i - 10^3 \quad \text{при } m_i > m_{ni},$$

где  $P_{уд.н.i}$  – ставка платы за сброс 1 т  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов сбросов, руб.;

$m_{ni}$  – масса нормативного сброса  $i$ -го загрязняющего вещества, т/год; определяется по формуле

$$m_{ni} = ПДК \cdot V \cdot 10^{-3}$$

где  $ПДК_i$  — предельно-допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества. Под предельно-допустимой концентрацией (ПДК) загрязняющего вещества

понимается концентрация загрязняющего вещества в единице природной среды, которая не оказывает отрицательного (прямого или косвенного) воздействия на живой организм.

Ставка платы, руб./т, за нормативный сброс  $i$ -го загрязняющего вещества определяется по формуле

$$П_{уд.н.i} = H_{бл.i} K_{э.вод} K_{и}$$

где  $H_{бл.i}$  — базовый норматив платы за сброс  $i$ -го загрязняющего вещества, руб./т;  $K_{э.вод}$  — коэффициент экологической ситуации и экологической значимости поверхностного водного объекта; для рек бассейна  $K_{э.вод} = 1,7$ ;

$K_{и}$  — коэффициент индексации (утверждается по каждому году Минприроды России по согласованию с Минфином и Минэкономки России). В практической работе принимается  $K_{и} = 1$ .

Плата за сверхнормативный сброс загрязняющих веществ взимается в пятикратном размере и определяется путем умножения соответствующей ставки платы на разницу между фактическим и нормативным сбросом  $i$ -го загрязняющего вещества:

$$П_{сн} = 5 \cdot \sum_{i=1}^n П_{уд.н.i} \cdot \left( \frac{m_i}{m_{нi}} - 1 \right) \quad \text{при } m_i > m_{нi}.$$

Примечание. Если масса сброса  $i$ -го вещества превышает нормативную, то для этого вещества рассчитывается также плата и за нормативный сброс при условии  $m_i = m_{нi}$ .

Суммарные платежи предприятия за сброс сточных вод определяются по формуле

$$П = П_{н} + П_{сн}$$

При сбросе загрязняющих веществ в канализацию предприятие-загрязнитель заключает на некоторый период времени (как правило, на год) договор с владельцем канализации и платит ему определенную сумму за очистку сточных вод при условии, что концентрация загрязняющих веществ в них не превышает ПДК. В случае превышения дополнительно взимается плата за сверхнормативный сброс. Значения ПДК и ставка платы устанавливаются владельцем канализации.

### Задание

Произвести расчет платежей предприятия осуществляющего сброс загрязненных сточных вод, данные необходимые для расчетов приведены по вариантам в таблице 16, расчеты сводится в таблицу 15.

Таблица 15.

Индивидуальная таблица расчетов платежей.

	Ингредиенты	с и , м г / л	m и т/ г о д	ПДК, мг/л	Нб л.и , ру б./ т	П <sub>н.и</sub>	П <sub>сн.и</sub>
						тыс. руб/год	
	Азот аммонийный			1	6875,8		
	Фенолы			0,0018	2749700		
	Нефтепродукты			0,05	54994		
	ПАВ			0,09	5499,4		
	Фосфаты			0,29	13751,6		
	Взвешенные вещества			6,67	3658		
	БПК полн.			3,33	905,2		
	Железо			1	27497		
	Медь			0,0018	2749700		
						Σ	Σ

Таблица 16.

Исходные данные к практической работе

№	V, т ыс. м³ год	Концентрации загрязнителей, мг/л								
		А з о т а м м о н.	Фенол ы	Неф те- про дук ты	ПА В	Ф ос ф ат ы	В з в. В е щ - в а	БП К пол н.	Fe	Cu
1	240	2,35	0,064	6,29	0,055	0,15	10	37,1	1,8	0,061
2	260	0,79	0,094	24	0,102	0,026	17,3	40,4	1,62	0,055
3	280	1,29	0,16	12,06	0,13	0,53	32,5	84	2,45	0,24
4	300	5,9	0,08	13,04	0,46	0,61	14,7	95,4	1	0,064
5	320	2,64	0,072	18,2	0,092	0,34	22,6	51,7	1,53	0,086
6	0,9	4,4	0,3	0,09	7,2	0,11	0,58	14	32,7	1,1
7	1,2	1,31	0,048	2,04	0,21	0,22	1,64	17,3	1,64	0,008

8	1,5	1,7 8	0,43	9,82	0,1 7	0,21	20	78,3	2, 45	0,05 5
9	1,8	5,9	0,07	3,53	1,1	0,6	13	98	1, 2	0,01
1 0	2	3,6 2	0,21	8,37	0,1 8	0,28	18, 5	28,3	1, 47	0,03 8

### **Контрольная работа «Влияние электромагнитных полей на природные экосистемы. Расчет частот электромагнитного поля используемых в производственных условиях»**

В настоящее время произошел гигантский скачок в развитии технических средств. Большинство населения фактически живет в весьма сложном электромагнитном поле (ЭМП), которое становится все труднее и труднее характеризовать: интенсивность этого поля в миллионы раз превосходит уровень планетарного магнитного поля и резко отличается по своим характеристикам от полей естественного происхождения.

Особенно резко напряженность полей возросла вблизи линий электропередач (ЛЭП), радио- и телестанций, средств радиолокации и радиосвязи (в том числе мобильной и спутниковой), различных энергетических и энергоемких установок, городского транспорта.

В бытовых условиях повышение электромагнитных полей вызывается применением электроприборов, видеодисплейных терминалов, сотовых телефонов, пейджеров, которые излучают ЭМП самой различной частоты, модуляции и интенсивности.

Масштабы электромагнитного загрязнения среды стали столь существенными, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила эту проблему в число наиболее актуальных в этом столетии для здоровья человека.

В настоящее время установлено влияние электромагнитных полей и излучений на все органы человеческого организма. Отрицательное воздействие ЭМП на человека и на те или иные компоненты экосистем прямо пропорциональны мощности поля и времени облучения.

Длительное воздействие сильных ЭМП вызывает у человека нарушения эндокринной системы, обменных процессов, функции головного и спинного мозга, повышает склонность к депрессиям и даже самоубийству и увеличивает вероятность развития сердечно-сосудистых заболеваний и раковых опухолей.

До настоящего времени в РФ не проводилось комплексных и методически грамотных исследований воздействия ЭМП различных источников на окружающую среду. Считается, что значения предельно допустимых уровней (ПДУ), установленные для антропогенных и природных радиационных полей, распространяющихся в окружающей среде, надежно защищают не только человека, но и все другие объекты окружающей среды.

Поэтому для этого вида физических полей, очевидно, разрабатывать экологические нормативы нет необходимости.

Таблица 17.

Источники электромагнитных полей

Источники излучения	Частота излучения
Электростатика	0–10 Гц
Линии электропередач (ЛЭП)	50 Гц
Электроэнергетика	0,1–1 кГц
Телефонная связь	1–10 кГц
Радиостанции низкой частоты	130–285 кГц



Радиостанция средней частоты	415 кГц–1,6 МГц
Радиостанции коротких частот	3,95–28,1 МГц
Мобильные телефоны	20 МГц–2 ГГц
Телепередатчики	47–68 МГц
Радиостанции FM	87,5–108 МГц
Стационарные радиолокаторы	1–10 ГГц
РЛС службы слежения за авиатранспортом	9–35 ГГц

## Задание

Оцените соответствие условия труда существующим нормативам. На основе полученных данных сделайте выводы. Предложите мероприятия по снижению уровня воздействия ЭМП на человека и окружающую среду. Расчетные данные представлены по вариантам в таблице.

## А. Оценка уровня воздействия электростатического поля (ЭСП)

1. Произведите расчет предельно допустимого уровня напряженности электростатического поля при воздействии на персонал более одного часа за смену по формуле:

$$E' = \frac{60}{\sqrt{t}},$$

где  $E_{\text{ПДУ}}$ , предельно допустимый уровень напряженности поля м;

$t$  – время воздействия, ч.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности электростатического поля ( $E_{\text{ПДУ}}$ ) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 часа.

2. Определите допустимое время пребывания в ЭСП по формуле:

$$t_{\text{дон}} = \frac{60^2}{E_{\text{факт}}^2},$$

где  $E_{\text{факт}}$  – фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м.

При напряженности ЭСП, превышающей 60 кВ/м, работа без применения средств защиты не допускается, а при напряженности менее 20 кВ/м время пребывания не регламентируется.

## Б. Оценка уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов частот

Оценка ЭМП различного диапазона частот осуществляется отдельно по напряженностям электрического поля ( $E$ , кВ/м) и магнитного поля ( $H$ , А/м) или индукции магнитного поля ( $B$ , мкТл), в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц по плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м<sup>2</sup>), в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц – по величине энергетической экспозиции.

## Б1. ЭМП промышленной частоты.

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м

Оценка и нормирование ЭМП промышленной частоты на рабочих местах персонала проводится дифференцированно в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

1. Произведите расчет допустимого времени пребывания персонала (в соответствии с вариантом задания) в ЭП при напряженностях от 5 до 20 кВ/м по формуле:

$$T = \frac{5}{E} - 2,$$

где  $E$  – напряженность электрического поля в контролируемой зоне ( $E_1, E_2, E_3$ ), кВ/м;  $T$  – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При напряженности ЭП от 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без средств защиты не допускается.

2. Рассчитайте время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП по формуле:

$$T_{пр} = \frac{t_1}{T_1} + \frac{t_2}{T_2} + \frac{t_3}{T_3} + \dots + \frac{t_n}{T_n}$$

где  $T_{пр}$  – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту

пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч.;  $t_1, \dots, t_n$  –

время пребывания в контролируемых зонах напряженности ч.;  $T_1, \dots, T_n$  –

допустимое время пребывания для соответствующих зон, ч. Проведенное время не должно превышать 8 ч. Различие в уровнях напряженности ЭП контролируемых зон устанавливается в 1 кВ/м.

Требования действительны при условии, что проведение работ не связано с подъемом на высоту, исключена возможность воздействия электрических разрядов на персонал, а также при условиях защитного заземления всех изолированных от земли предметов, конструкций, частей оборудования, машин, механизмов, к которым возможно прикосновение работающих в зонах влияния ЭП.

## Б2. ЭМП диапазона частот 30 кГц–300 ГГц.

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ).

Энергетическая экспозиция ЭМП определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека

1. Рассчитайте энергетическую экспозицию в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц (в соответствии с заданием) по формулам:

$$ЭЭ_E = E^2 T;$$

$$ЭЭ_H = H^2 T;$$

где  $E$  – напряженность электрического поля, В/м;  $H$  – напряженность магнитного поля, А/м;  $T$  – время воздействия на рабочем месте за смену, ч.

2. Рассчитайте энергетическую экспозицию по плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц по формуле:

$$ЭЭ_{ППЭ} = ППЭ \cdot T$$

где ППЭ – плотность потока энергии (мкВт/см²).

3. Определите предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания по формуле:

$$E_{ПДУ} = 21 f^{-0.37}$$

где  $E_{ПДУ}$  – значение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля, В/м;  $f$  – частота, МГц.

4. Рассчитайте предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосовыми устройствами по формуле:

$$ППЭ_{ПД} = \frac{КЭ_{ПДУ}}{Э_{ПДУ} \cdot T}$$

где

$\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ПДУ}}$  – предельно допустимый уровень энергетической экспозиции

потока энергии, равная 200 мкВт/см<sup>2</sup>;  $K$  – коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 12,5;  $T$  – время пребывания в зоне облучения за рабочий день (рабочую смену), ч.

Во всех случаях максимальное значение ППЭ<sub>ПДУ</sub> не должно превышать 50 Вт/м<sup>2</sup> (5000 мкВт/см<sup>2</sup>).

5. Рассчитайте предельно допустимую плотность потока энергии при облучении лиц от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 кГц и скважностью не менее 20 по формуле:

$$\frac{\text{ППЭ}}{\frac{\text{П}}{\text{Д}}} = K \frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ППЭПДУ}}}{T},$$

где  $K$  – коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10.

При этом плотность потока энергии не должна превышать для диапазона частот 300 МГц–300 ГГц 10 Вт/м<sup>2</sup> (1000 мкВт/см<sup>2</sup>).

6. Определите предельно допустимое значение интенсивности ЭМИ в диапазоне 60 кГц–300 МГц ( $E_{\text{ПДУ}}$ ,  $H_{\text{ПДУ}}$ , ППЭ<sub>ПДУ</sub>) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) по формулам:

$$\begin{aligned} E_{\text{ПДУ}} &= \sqrt{\frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ЕПДУ}}}{T}}, \\ H_{\text{ПДУ}} &= \sqrt{\frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{НПДУ}}}{T}}, \\ \frac{\text{ППЭ}}{\frac{\text{П}}{\text{Д}}} &= K \frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ППЭПДУ}}}{T}, \end{aligned}$$

где  $E_{\text{ПДУ}}$ ,  $H_{\text{ПДУ}}$  и ППЭ<sub>ПДУ</sub> – предельно допустимые уровни напряженности

электрического, магнитного поля и плотность потока энергии;

$\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ЕПДУ}}$   $\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{НПДУ}}$

$\mathcal{E}\mathcal{E}_{\text{ПДУ}}$  – предельно допустимые уровни энергетической экспозиции в

течение рабочего дня (рабочей смены).

Таблица 18. Исходные данные для расчета

Вариант	Время воздей	Е <sub>ф</sub> акт	Е <sub>1</sub> ,	Е <sub>2</sub> , кВ	Е <sub>3</sub> , К	t <sub>Е</sub> 1,	t <sub>Е</sub> 2,	t <sub>Е</sub> 3,	Е, В	Н ,	П П	f, М	ЭЭ <sub>Е</sub> пду,	ЭЭ Нпду,	Е <sub>м</sub> акс ,	N фр	t <sub>и</sub> мд
1	8	60	5	6	7	1,1	1,4	2,2	0,5	0,3	1,1	5,3	200	200	1,0	8,0	20
2	7,5	50	8	9	10	0,5	0,7	0,8	1,3	0,2	2,3	6,1	7000	0,72	1,5	1,2	35
3	7	40	11	12	13	0,4	0,6	1,3	1,4	0,5	3,2	7,3	800	200	2,0	1	55
4	6,5	30	14	15	16	1,8	0,8	1,4	2,3	0,7	4,1	8,5	800	0,72	2,5	1,3	90
5	6	20	17	18	19	1,7	0,9	0,8	2,4	0,6	5,0	9,2	700	200	3,0	2,6	10
6	5,5	25	20	19	18	0,3	0,5	0,7	3,5	0,8	6,1	1,2	200	0,72	3,5	2,4	11
7	5	35	11	12	13	0,2	1,3	1,3	4,2	0,1	7,2	1,3	200	200	4,0	1,3	12
8	4,5	45	12	13	14	0,4	1,5	1,4	4,6	0,4	8,3	1,5	7000	0,72	4,5	1,3	12
9	4	55	15	16	17	1,6	2,2	0,6	3,0	0,6	9,7	1,7	800	200	5,0	2,5	18
10	3,5	60	18	19	20	0,5	1,9	0,7	4,0	0,7	10	1,8	800	0,72	5,5	1,0	19
11	3	50	19	18	17	1,3	0,9	0,8	5,1	0,8	9,5	1,2	700	200	6,0	1,2	45
12	2,5	40	16	15	14	1,7	1,0	0,6	5,3	0,9	8,5	1,0	200	0,72	6,5	1,1	70
13	2	30	13	12	11	0,8	1,1	0,5	4,0	0,7	7,5	1,1	200	200	7,0	1,4	15
14	1,5	20	10	9	8	0,7	0,8	1,2	4,4	0,6	6,5	1,3	700	0,72	7,5	1,5	70
15	3	25	7	6	5	1,2	1,0	0,7	3,2	0,5	5,5	1,5	800	200	8,0	1,8	85
16	2,5	35	4	5	6	1,5	1,3	0,8	3,5	0,4	4,5	1,6	800	0,72	8,5	1,7	75
17	1,5	45	7	8	9	0,3	0,2	0,9	2,3	0,3	3,5	1,8	700	200	9,0	1,4	95
18	2	55	10	11	12	0,8	0,9	2,0	2,8	0,4	2,5	2,0	200	0,72	9,5	1,3	11
19	3	60	13	14	15	1,5	1,4	0,8	1,6	0,5	1,5	2,2	200	200	10,0	1,8	40
20	3,5	50	16	17	18	0,6	0,3	0,4	5,1	0,6	2,2	2,3	700	0,72	10,5	1,9	75
21	4	40	19	18	17	2,1	0,8	1,3	5,5	0,8	3,3	2,8	800	200	11,0	1,2	65
22	5	30	16	15	14	1,9	1,2	0,6	4,2	0,4	4,5	2,9	800	0,72	11,5	1,0	85
23	6	20	13	12	11	0,6	1,3	0,5	3,5	0,3	5,1	2,5	700	200	12,0	1,0	90
24	7	25	10	9	8	1,8	2,4	1,6	3,4	0,8	6,5	2,4	2000	0,72	12,5	2,2	12
25	7	35	7	6	5	1,7	0,9	0,5	2,3	0,4	7,3	2,22	700	200	13,0	2,5	15

## Промежуточная аттестация

### 1 семестр

#### Зачет

На зачете подводится итог выполнения практических работ и проводится устный опрос по теоретическим вопросам.

Примеры теоретических вопросов билета:

1. Проблемы взаимодействия энергетик с окружающей средой.
2. Структура теплоэнергетической системы промышленного предприятия с учетом взаимодействия с окружающей средой.
3. Источники загрязнения окружающей среды на теплоэнергетических объектах. Оценка влияния теплоэнергетических систем на окружающую среду.
4. Схема взаимодействия объектов энергетики с окружающей средой на примере ТЭС.

5. Виды и объемы загрязнений атмосферы, методика расчета. Рассеивание нагретых выбросов от одиночного источника.
6. Критерии оценки качества окружающей среды. Понятие ПДК, эффекта суммации, ПДВ, ОБУВ.
7. Критерии оценки качества водных объектов, индекс загрязненности водных объектов.
8. Воздействие ТЭС на окружающую среду. Методы снижения выбросов в окружающую среду.
9. Негативное воздействие на окружающую среду промышленных предприятий. Виды загрязнения окружающей среды.
10. Классификация выбросов вредных веществ в атмосферу. Источники загрязнения атмосферы.
11. Экологические последствия загрязнения атмосферы.
12. Негативное воздействие на гидросферу.
13. Экологические последствия загрязнения гидросферы.
14. Направления инженерной защиты биосферы.
15. Очистка газовых выбросов от вредных примесей.
16. Способы очистки выбросов от токсичных газо- и парообразных примесей.
17. Рассеивание газовых выбросов в атмосфере. Понятие санитарно-защитной зоны.
18. Виды загрязнения гидросферы. Методы очистки сточных вод.
19. Категории сточных вод. Классификация примесей сточных вод.
20. Способ механической очистки сточных вод.
21. Химические и физико-химические методы очистки сточных вод.
22. Биологическая очистка сточных вод.
23. Понятия безотходной технологии, безотходного производства, отходы производства, отходы потребления, побочные продукты, вторичные материальные ресурсы, вторичные энергетические ресурсы.
24. Принципы безотходных технологий.
25. Классификация методов переработки твердых отходов.
26. Складирование и захоронение отходов.
27. Способы утилизации отходов. Сжигание (термическое обезвреживание) отходов.
28. Принципы снижения теплового воздействия на окружающую среду. Снижение тепловых сбросов, использование утилизационного оборудования.
29. Утилизация вторичных энергетических ресурсов. Способы утилизации теплоты дымовых газов, теплоты, отводимой в системах принудительного охлаждения.
30. Снижение энергоемкости предприятий как направление ресурсосбережения.
31. Экологическое нормирование. Санитарно-гигиенические нормативы. Понятия ПДК, ПДУ.
32. Производственно-хозяйственные стандарты. Понятия ПДВ, ПДС. Эффект суммации.
33. Понятие «здоровье человека». Показатель болезненности человека.
34. Влияние состояния окружающей среды на здоровье людей.
35. Динамика заболеваемости населения в городах России с повышенным загрязнением воздуха. Влияние качества питьевой воды на состояние здоровья населения.
36. Экономические механизмы охраны окружающей среды. Кадастр природных ресурсов.
37. Планирование, разработка и осуществление мероприятий по охране окружающей среды.
38. Система платежей. Платежи за загрязнение природной среды.

39. Финансирование. Экологическое страхование. Эколого-экономическое стимулирование.
40. Экологический мониторинг. Единая государственная система экологического мониторинга.

Примеры практических работ:

### Практическая работа

#### Задания, посвященные общим экологическим проблемам

##### **Задание 1.1. Определение объема углекислого газа, необходимого для образования древесины.**

Экология любого большого города, особенно такого гигантского техногенного мегаполиса, как Москва, немыслима без зеленых насаждений. Эти своеобразные «городские легкие» обогащают городскую атмосферу кислородом и очищают ее. Необходимо понимать, что процесс выделения кислорода зелеными растениями непосредственно связан с их ростом, который идет достаточно медленно: деревья растут годы, десятилетия и даже века, а сгорают за минуты. Оба этих процесса могут быть выражены одной химической реакцией, идущей в различных направлениях. В одном случае атом углерода присоединяет молекулу кислорода, образуя углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), в другом молекула углекислого газа усваивается растением. При этом она распадается: атом углерода идет на образование древесины, а молекула кислорода выделяется в атмосферу. То есть в процессе образования древесины кислород является побочным продуктом.

Естественно, что древесина состоит не только из углерода. Каждое растение содержит некоторое количество воды и минеральных солей. Всем хорошо известно, что свежесрубленное дерево горит плохо, а после загорания выделяет много водяного пара, что делает дым от влажных дров хорошо заметным издали. Цвет пламени горящей древесины обычно желтый, поскольку из минеральных солей наиболее распространены соли натрия, а именно, его ионы окрашивают пламя в желтый цвет; если дерево росло на почвах, богатых солями калия, то дрова из него дают пламя с фиолетовыми отблесками.

Для выполнения задания необходимо вычислить массу древесного ствола. При этом форма ствола принимается эквивалентной форме цилиндра. Следовательно, необходимо вычислить объем цилиндра и умножить полученное значение на плотность древесины. Далее следует применить правило вычисления массы веществ, участвующих в химической реакции (подробно разобрано в приведенном ниже примере расчета) и объединенный закон газового состояния.

##### Пример выполнения задания 1.1

*Условие.* Какой объем углекислого газа, взятого при нормальных условиях, необходимо поглотить растению, чтобы выросло дерево со следующими параметрами: диаметр ствола  $D=0,8$  м, высота  $h=15$  м, плотность древесины  $\rho=0,08$  м<sup>3</sup>. Принимаем, что вся древесина состоит из углерода, и что древесный ствол имеет правильную цилиндрическую форму.

*Решение:*

Определяем массу  $m$  дерева. Для этого площадь поперечного сечения, равную  $\pi r^2$ , умножим на высоту  $h$  (радиус  $r$  равен  $D/2 = 0,4$  м) и на плотность  $\rho$ .

То есть,



$$m = \pi r^2 h \rho \quad (1.1)$$

или  $3,14 \times 15 \text{ м} \times (0,4 \text{ м})^2 \times 0,08 \text{ т/м}^3 = 0,6 \text{ т} = 600 \text{ кг}$ .

Образование древесины из углекислого газа идет по реакции:



Принимаем в уравнении (1.2) массу углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) равной  $m_1$ , массу углерода (C) равной  $m_2$ , а их молекулярные массы равными  $M_1$  и  $M_2$  соответственно.

Воспользуемся соотношением масс реагирующих веществ и их молекулярных масс:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{k_1 M_1}{k_2 M_2} \quad (1.3)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – массы реагирующих веществ;  $M_1$  и  $M_2$  – их молекулярные массы;  $k_1$  и  $k_2$  – их стехиометрические коэффициенты (согласно уравнению (1.2) они равны единице).

Атомная масса кислорода равна 16, углерода – 12 (из таблицы Д.И.Менделеева). Соответственно, молекулярная масса  $\text{CO}_2$  ( $M_1$ ) равна  $16 \times 2 + 12 = 44$ ; молекулярная масса углерода принимается равной его атомной массе, т.е.  $M_2 = 12$ . Используя формулу (1.3), получаем:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_2}{M_1} \quad (1.4)$$

Подставляя данные, получаем:

$$m_1 = \frac{600 \text{ кг} \times 44}{12} = 2200 \text{ кг}.$$

Известно, что при нормальных условиях 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л. Так как 1 моль углекислого газа имеет массу 0,044 кг или 44 г (поскольку масса одного моля численно равна молекулярной массе), то, умножив число молей углекислого газа, содержащихся в 2200 кг, на 22,4 л, получим искомую величину.

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{2200 \text{ кг}}{0,044 \text{ кг}} \times 22,4 \text{ л} = 1120000 \text{ л} \quad \text{или} \quad 1120 \text{ м}^3.$$

Ответ: объем углекислого газа, взятого при нормальных условиях, равен 1120 м<sup>3</sup>.

Таблица 1.1

#### Варианты для выполнения задания

№№	Вид древесины	$\rho, \text{ г/см}^3$	I		II		III		IV		V	
			$D, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$D, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$D, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$D, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$D, \text{ м}$	$h, \text{ м}$
1	липа	0,45	1	19	0,15	2	0,6	19	0,9	9	0,75	12,3
2	сосна	0,5	0,9	17	0,3	4	0,81	2	0,4	12	0,16	14,6
3	бук	0,65	0,8	15	1,01	6	0,7	17	1,1	7	0,92	17,1
4	дуб	0,7	0,7	13	0,79	8	0,79	4	0,3	14	0,7	9,6
5	орех	0,66	0,6	11	0,81	10	0,8	15	1,5	5	0,32	1,5
6	груша	0,725	0,5	9	0,75	12	1,01	6	0,1	16	0,5	2,37
7	ясень	0,74	0,2	7	1,07	14	0,9	13	1,07	3	0,2	5,9
8	клен	0,7	0,1	5	1,5	16	0,3	8	0,2	18	0,38	6,78
9	кр. дерево	0,6	0,3	3	1,1	18	1	11	0,75	1	0,8	7,53
10	акация	0,77	0,4	1	0,9	20	0,15	10	0,5	20	0,74	1,24

### Задание 1.2. Определение продуктов сгорания органического топлива.

Известно, что при сгорании древесины или каменного угля помимо углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) может образовываться и угарный газ ( $\text{CO}$ ). Последний легко окисляется кислородом воздуха и при сгорании топлива на открытом воздухе или при наличии интенсивной тяги опасности для человека не представляет. Однако в закрытом помещении угарный газ весьма опасен и может привести к тяжелому отравлению и даже смерти. Это происходит потому, что молекула угарного газа лишь незначительно превосходит по размерам молекулу кислорода. Попадая при дыхании в организм, она необратимо встраивается в молекулу гемоглобина (составляющая крови), которая в нормальных условиях является «транспортном», доставляющим кислород, и выводящая продукты окисления (угарный газ) из всех тканей тела человека. В результате снабжение организма кислородом нарушается – место на «транспортере» занято. Как видно из сказанного, между процессами горения и дыхания просматривается прямая аналогия.

Поскольку плотность угарного газа меньше плотности воздуха, то в помещениях без вентиляции он скапливается под потолком. И угарный и углекислый газы не имеют ни цвета, ни запаха, поэтому повышение их концентраций до опасных уровней происходит незаметно для людей, находящихся в помещении. Кроме того, при прохождении над раскаленными углями углекислый газ восстанавливается до угарного ( $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ ), что представляет дополнительную опасность, поскольку предельно допустимая концентрация (ПДК) угарного газа значительно меньше, чем углекислого.

При выполнении задания необходимо понимать, что не все допущения, принятые в образце решения, имеют место в реальных условиях. В частности, углекислый и угарный газы, находясь в закрытом помещении, хотя и располагаются друг над другом из-за неодинаковой плотности, но при этом нет четкой границы раздела, а существует некий слой смешивания.

#### Пример выполнения задания 1.2

*Условие.* Какой объем займет угарный газ, выделяющийся при полном сгорании древесины, угля или другого топлива в помещении (банька «по черному») со следующими параметрами:  $l=4,0$  м – длина помещения;  $n=2,0$  м – ширина помещения;  $h=3,0$  м – высота помещения. Масса топлива  $m=12$  кг; коэффициент сгорания  $k=0,8$ ; коэффициент, отвечающий количеству углерода, подвергающегося неполному сгоранию (образующему  $\text{CO}$ )  $\psi_1=0,1$ ; коэффициент, отвечающий количеству углерода, образующего  $\text{CO}$  во вторичном процессе,  $\psi_2=0,15$ .  $T_1=40^\circ\text{C}=313\text{K}$ ;  $P_1=780$  мм.рт.ст. Определить, с какой высоты помещения будет начинаться зона, заполненная угарным газом. Упрощенно полагаем, что угарный газ располагается вверху и не смешивается с другими газами.

*Решение:*

Считаем, что все сгоревшее топливо – чистый углерод. Тогда его количество определяется произведением массы топлива на коэффициент сгорания:

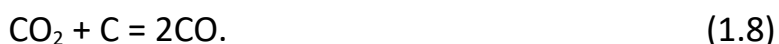
$$m_1 = m \times k \quad (1.5)$$

или  $m_1 = 12 \times 0,8 = 9,6$  кг.

При сгорании топлива параллельно идут два процесса:



Часть углекислого газа вступает во вторичную реакцию с раскаленными углями:



Масса углерода, участвующего в реакции (1.6), равна или  $m_2$

$$m_2 = m_1 \times \psi_1 \quad (1.9)$$

$= 9,6 \times 0,1 = 0,96$  кг.

Масса углерода, участвующего в реакции (1.7), равна

$$m_3 = m_1 \times \psi_2 \quad (1.10)$$

или  $m_2 = 9,6 \times 0,15 = 1,44 \text{ кг}$ .

Общая масса углерода, образующего CO, равна

$$m_4 = m_2 + m_3 \quad (1.11)$$

или  $m_4 = 0,96 + 1,44 = 2,4 \text{ кг}$ .

Для простоты будем считать, что весь процесс образования угарного газа идет по реакции (1.7). Исходя из соотношения масс, участвующих в химической реакции (см. пояснения к решению задания 1.1), находим массу образовавшегося угарного газа.

$$m_{CO} = \frac{m_C * M_{CO}}{M_C} \quad (1.12)$$

или  $m_{CO} = \frac{2,4 * 28}{12} = 5,6 \text{ кг}$

(молекулярную массу CO находим как сумму атомных масс углерода и кислорода; коэффициенты перед CO и C в уравнении (1.7) взаимно уничтожаются).

Объем, который займет это количество угарного газа при нормальных условиях, составляет:

$$V_{CO} = \frac{5,6 \text{ кг}}{0,028 \text{ кг}} = 200 \text{ л} = 0,2 \text{ м}^3 \quad \text{или} \quad 4,480 \text{ м}^3.$$

(0,028 кг – масса одного моля CO; 22,4 л – объем, занимаемый одним молем газа при нормальных условиях – см. пояснения к решению задания 1.1).

По уравнению объединенного газового закона найдем истинный объем угарного газа при  $T=313K$ :

$$V_{ИСТ} = \frac{P_0 V_0 T_1}{P_1 T_0}, \quad (1.13)$$

где  $V_0 = V_{CO} = 4,480 \text{ м}^3$ ;  $T_0 = 273K$ ;  $P_0 = 760 \text{ мм.рт.ст.}$ .

$$V_{ИСТ} = \frac{760 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 4,480 \text{ м}^3 \cdot 313K}{780 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 273K} \approx 5,0 \text{ м}^3$$

Площадь помещения равна  $S = l \times n = 4 \times 2 = 8 \text{ м}^2$ .

Определим высоту зоны, заполненной угарным газом:

$$h_X = \frac{V_{ИСТ}}{S} = \frac{5,0 \text{ м}^3}{8 \text{ м}^2} = 0,625 \text{ м}.$$

Следовательно, угарный газ заполнит помещение выше уровня ( $h - h_X$ ) или  $3 \text{ м} - 0,625 \text{ м} = 2,375 \text{ м}$ .

Ответ: зона, заполненная угарным газом, находится выше уровня 2,375 м.

#### Варианты для выполнения задания

Таблица 1.2

№№	$m$ , кг	$T_l$ , °C	$P_1$ , мм.рт.ст.	$K$	$\psi_1$	$\psi_2$	$l$ , м	$n$ , м	$h$ , м
1	15	42	780	0,75	0,1	0,15	2	4	2
2	25	46	784	0,83	0,18	0,17	2,5	5	3,7
3	17	50	786	0,82	0,19	0,18	8	3	2,75
4	24	54	785	0,76	0,17	0,19	3	6	2,7
5	19	40	788	0,79	0,2	0,14	3	3	3
6	31	58	787	0,77	0,3	0,12	2	4	2
7	26	52	783	0,78	0,21	0,13	2,5	5	3,7
8	10	48	782	0,84	0,16	0,11	8	3	2,75
9	21	44	789	0,85	0,14	0,1	3	6	2,7
10	37	56	781	0,8	0,15	0,2	3	3	3

По результатам итогов выполнения практических работ и ответа на теоретические вопросы на зачете выставляется:

- 90-100 баллов, если правильно выполнены все практические работы и при ответе на теоретические вопросы, а также на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных фактов;
- 76-89, если правильно выполнены практические работы или в них допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе

на теоретические вопросы, а также на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки;

- 60-75 баллов, если в выполненных практических заданиях допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии преподавателя или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии преподавателя, и в ответах на теоретические вопросы допущены ошибки;
- 0 баллов, если практические задания не выполнены или выполнены не в полном объеме, не даны ответы на теоретические вопросы и не выполнены критерии для категории 0-59 баллов.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В зависимости от количества баллов за дисциплину выставляется:

<b>Оценка</b>	<b>Количество баллов</b>
оценка 5 («отлично»)	90 – 100 баллов
оценка 4 («хорошо»)	76 – 89 баллов
оценка 3 («удовлетворительно»)	60 – 75 баллов
оценка 2 («неудовлетворительно»)	0 – 59 баллов