

**6/11/1**

Одобрено кафедрой  
«Инженерная экология  
и техносферная  
безопасность»

Утверждено деканом  
факультета  
«Управление процессами  
перевозок»

## **МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

Рабочая программа  
и задание на курсовую работу  
с методическими указаниями  
для студентов V курса  
специальности

**280101 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
В ТЕХНОСФЕРЕ (БЖТ)**



Москва – 2007

Рабочая программа и задание на курсовую работу составлены в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженера по специальности 280101 (БЖТ).

Составители: ст. преп. В.Н. Долженко;  
ст. преп. М.А. Журавлева;  
д-р физ.-мат. наук, проф. С.М. Кокин;  
канд. физ.-мат. наук, доц. А.А. Фортыгин

Рецензент — канд. физ.-мат. наук, проф. Е.К. Силина

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ»**

## **1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью изучения дисциплины «Мониторинг среды обитания» является получение студентами научно-теоретических знаний о мониторинге окружающей среды, как подсистемы управления природоохранной деятельностью, о комплексе мероприятий по определению состояния биосферы, а также о современных методах и средствах экологического мониторинга.

## **2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина «Мониторинг среды обитания» входит в цикл общеобразовательных дисциплин Государственного общеобразовательного стандарта профессионального высшего образования РФ.

Согласно Государственному общеобразовательному стандарту профессионального высшего образования, государственные требования к минимуму подготовки выпускника предполагают, что в результате изучения данной дисциплины студенты должны:

### *2.1. Знать и уметь использовать:*

- назначение экологического мониторинга;
- структуру и виды экологического мониторинга;
- влияние антропогенного воздействия на биосферу;
- методы прогнозирования и моделирования последствий антропогенного воздействия;
- современные методы контроля окружающей среды;
- основные приборы, используемые в системе мониторинга окружающей среды.

### *2.2. Владеть:*

- основными методами и приборами, используемыми в системе мониторинга окружающей среды.

### **3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ**

Вид учебной работы	Всего часов	Курс – V
Общая трудоемкость дисциплины	170	
Аудиторные занятия:	28	
лекции	12	
лабораторный практикум	12	
практические занятия	4	
Самостоятельная работа	112	
Курсовая работа		1
Вид итогового контроля		Зачет, экзамен

### **4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **4.1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ**

№ п/п	Раздел дисциплины	Лекции, ч	Практические занятия	Лабораторный практикум, ч
1	1. Назначение и содержание мониторинга. 2. Система мониторинга в России и за рубежом. 3. Система контроля антропогенного воздействия на среду обитания	4		
2	4. Методы мониторинга среды обитания	4	4	8
3	5. Приборы мониторинга среды обитания	2		4
4	6. Метрологическое обеспечение мониторинга. 7. Прогнозирование и моделирование в системе мониторинга	2		

## **4.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ ВВЕДЕНИЕ**

Предмет дисциплины «Мониторинг среды обитания». Цель дисциплины, ее основные задачи. Место дисциплины в системе наук об охране окружающей среды. Выпускная роль мониторинга окружающей среды в решении природоохран-ных задач.

[1]

### **РАЗДЕЛ 1. НАЗНАЧЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ МОНИТОРИНГА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ**

Мониторинг среды обитания. Виды мониторинга. Ступе-ни мониторинга. Национальный мониторинг. Межнацио-нальный мониторинг. Мониторинг факторов воздействия на окружающую среду и источников воздействия. Мониторинг различных сред. Мониторинг реакции основных составляющих биосферы на антропогенные воздействия. Классифика-ция мониторинга по остроте проблемы. Мониторинг среды обитания в системе управления. Стратегия мониторинга. Планирование сети мониторинга. Отбор проб. Лаборатор-ные анализы. Обработка данных. Анализ данных. Представ-ление сведений. Использование информации.

[1, 2, 3, 4, 5]

### **РАЗДЕЛ 2. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

Организация систем мониторинга. Система мониторинга в России, службы мониторинга Росгидромета, Министерства природных ресурсов, Госкомитета по санитарно-эпидемиоло-гическому надзору, Комитета по геологии, Министерства по чрезвычайным ситуациям и др. Координация служб монито-ринга в системе Общегосударственной Службы наблюдения и контроля. Основные задачи и основные принципы органи-зации ОГСНК. Эффективность и пути совершенствования системы ОГСНК. Концепция создания Единой государствен-

ной системы экологического мониторинга. Требования к различным уровням Единой системы мониторинга. Система обеспечения качества данных. Международное сотрудничество в биосферном мониторинге. Службы мониторинга зарубежных стран, их цели и задачи, взаимодействие с российскими службами мониторинга.

[1]

### **РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

Цели и задачи экологического контроля. Структура экологического контроля. Государственная служба наблюдения за состоянием окружающей природной среды (ГСН), как система контроля за происходящими в природе физическими, химическими, биологическими процессами, за уровнем загрязнения атмосферы, почв, водных объектов и обеспечения заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об изменении в окружающей природной среде. Производственный экологический контроль (ПДК). Общественный экологический контроль (ОЭК).

[1]

### **РАЗДЕЛ 4. МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

*Физические методы.* Методы контроля электромагнитного излучения радиодиапазона. Методы контроля шума. Методы контроля вибрации. Методы контроля теплового излучения. Методы контроля освещения и яркости. Методы контроля радиоактивных излучений (радиометрия, дозиметрия, спектрометрия).

*Физико-химические методы.* Оптические методы (рефрактометрический, поляриметрический, люминесцентный и др.). Электрохимические методы (потенциометрический, полярографический и др.). Лазерный мониторинг для контроля загрязнения атмосферы. Хроматографические методы. Кинетические методы (определение вещества по химическим реакциям).

*Методы дистанционного зондирования Земли с помощью аэрокосмической съемки.* Средства получения информации (оптико-электронные методы съемки, телевизионная съемка,

съемка в инфракрасном диапазоне, радиолокационная съемка и др.). Виды получаемой информации.

*Биоиндикационные методы* контроля окружающей и природной среды. Мониторинг биологических переменных. Принцип отбора биологических переменных. Использование биологических переменных для мониторинга окружающей среды. Биологические системы определения токсичности. Принципы создания и примеры использования биологических систем определения токсичности.

*Биологический мониторинг* загрязнения. Принцип отбора организмов для мониторинга.

*Контроль загрязнения* атмосферы, литосферы, гидросферы. Размещение постов наблюдения, выборы контролируемых параметров, анализ полученных данных.

*Наблюдательные сети и программы наблюдений.* Международные программы и сети наблюдений. Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ) в России.

*Использование* геоинформационных систем (ГИС) для обеспечения экологического мониторинга. Сбор, обработка и анализ информации с помощью современных геоинформационных технологий. Общая структура географических информационных систем. Использование разнородных пространственных данных в ГИС. Выходная информация, ее виды.

[1, 6, 7, 8]

## **РАЗДЕЛ 5. ПРИБОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

*Приборы контроля* загрязнения воздуха, воды, почвы. Аппаратура для отбора воздуха и воды. Аспирационные устройства. Индикаторные трубки. Хроматографы. Фотометры. Калориметры. pH-метры. Ионометры. Полярометры. Хромато-масспектрометры. Радиометры. Спектрометры (гамма-, бета-, альфа-излучений).

*Автоматизированные системы экологического контроля.* Приборы контроля загрязнений атмосферы, воды и почвы, устанавливаемые на спутниках земли и самолетах. Метео-

зонды. Лидары. Автоматизированные системы контроля загрязнения атмосферы и воды города.

*Приборы контроля энергетических загрязнений.* Яркометры. Люксметры. Шумомеры. Виброметры. Приборы контроля электромагнитного излучения радиодиапазона (низкочастотные, высокочастотные, ультравысокочастотные и сверхвысокочастотные диапазоны). Дозиметры.

*ЭВМ* как средство проведения экспертной системы оценки и прогнозирования загрязнения окружающей природной среды.

[1, 6, 7, 8]

## **РАЗДЕЛ 6. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

*Требования к точности проведения измерений.* Систематическая погрешность. Случайная погрешность. Суммарная погрешность. Выбор методов и приборов контроля загрязнения окружающей среды по оценке точности измерений.

*Аттестация* методов и средств экологического контроля.  
[6, 7, 8]

## **РАЗДЕЛ 7. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

*Прогнозирование* последствий антропогенного воздействия на окружающую среду. Виды прогноза. Методы прогнозирования.

*Моделирование* природных процессов в решении экологических проблем. Типы моделей.

[1]



### 4.3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	4,5	1. Изучение радиационной загрязненности местности картографическим методом. 2. Оценка воздействия транспорта на окружающую среду на урбанизированных территориях. 3. Определение содержания нитратов в овощах и фруктах нитратосульфатным методом. 4. Определение биологической активности почв экспресс-методом. Определение класса загрязнения воздуха по степени повреждения хвои сосны. 5. Определение качества воды методом биотестирования
2	6	1. Измерение напряженности поля промышленной частоты измерителем ПЗ-50. 2. Измерение параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метром АТ-002. 3. Измерение напряженности электростатического поля измерителем ЭСПИ-301. 4. Измерение активности ионов водорода $pH$ , активности $pX$ , концентрации $C$ ионов $pH$ -метром (иономером ЭКОТЕСТ-120). 5. Измерение электрической проводимости и температуры воды и водных растворов электронным автоматическим кондуктометром «ЭКА»

### 4.4. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Расчет дозы радиации и дозы шума.

## 5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

**Темы курсовой работы:**

«Экология электромагнитного излучения», «Радиационная экология», «Акустическая и вибрационная экология», «Дистанционный анализ состава атмосферы», «Химические методы контроля», «Контроль освещенности рабочих мест».

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### *Основная*

1. Крупенио Н.Н. Экологический мониторинг: Уч. пос. / Высшее профессиональное образование. — М.: Маршрут, 2005. — 130 с.
2. Голицын А.Н. Основы промышленной экологии: Учеб.; Мин-во образования РФ. — М.: Академия, 2002
3. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. — 140 с.
4. Крупенио Н.Н. Экологические мониторинг и контроль транспортных систем: Уч. пос. для вузов ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2006. — 133 с.
5. Купаев В.И., Рассказов С.В., Семин А.В. Наблюдение и оценка состояния окружающей среды на железнодорожном транспорте: Уч. пос. для студентов вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Купаева В.И. — М.: Маршрут, 2006. — 390 с.
6. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг / В.И. Купаев и др.: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 2003.
7. Средства оснащения современного экологического практикума: Каталог-справочник / Сост. А.Г. Муравьев и др. — 4-е изд. — СПб.: Крисмас+. — 2004.
8. Куклев Ю.И. Физическая экология: Уч. пос. / Ю.И. Куклев. 2-е изд., испр. — М.: Высшая школа, 2003. — 357 с.

#### *Дополнительная*

1. Майстренко В.Н., Ключев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. — М.: Бином, 2004.

2. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. — М.: Высшая школа, 2002.

3. Израэль Ю.А. Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы изменений. — М.: Наука, 2001.

4. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. — М.: Высшая школа, 2001.

5. Афанасьев Ю.А., Фолин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды. Уч. пос. в 2-х частях. — М.: МНЭПУ, 1998.

6. Дудкин Н.И., Козлов Д.Н. Контроль массовой концентрации аэрозолей // Экология производства. — № 9, 2005. — С. 32–37.

7. Рыбакова Е.В. Ионная хроматография — современный метод анализа всех типов вод // Экология производства. — № 9, 2005. — С. 51–54.

8. Кистанова И.Ю., Грачикова Н.А. Единые требования по оформлению курсовых и дипломных проектов (работ). — М.: РГОТУПС. — 2004. — 23 с.

## **6.2. СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Компьютерные игры «Малые реки» и «Компас».
2. Компьютеры.
3. Видеомагнитофон.
4. Видеофильмы.

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

Лаборатория «Промышленная экология и мониторинг окружающей среды».

Компьютерные программы «Радиоактивность и дозиметрия», LabView, ArcView.

# **ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ УКАЗАНИЯМИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ»**

## **1. ВЫПОЛНЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

1. Целью выполнения курсовой работы по дисциплине «Мониторинг среды обитания» является понимание студентами важности проблемы мониторинга окружающей среды, умение выбирать методы и приборы для осуществления контроля окружающей среды, а также умение производить расчеты уровней воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на организм человека.

2. Курсовая работа пишется по плану:

- введение (предмет мониторинга, его цель и актуальность);
- основной раздел (содержание этого раздела должно состоять из подразделов в соответствии с индивидуальными заданиями студента, включать описания и чертежи приборов, указанных в задании, принцип их действия, предложенные в задании расчеты);
- заключение (анализ расчетов, значение экологического мониторинга);
- список используемой в курсовой работе литературы.

3. Курсовая работа набирается на компьютере на листах формата А4 с полуторным интервалом шрифтом Times New Roman размером 14. Объем работы 15–20 листов. Работа сдается на проверку в бумажном и электронном вариантах.

Основной раздел должен быть иллюстрирован рисунками (графиками, чертежами) в соответствии с заданиями. Вклеивание рисунков не допускается.

На каждый источник, указанный в списке литературы, должна быть как минимум одна ссылка в тексте.

Работа должна иметь подпись студента и дату.

4. Задание на курсовую работу для каждого студента состоит из 4-х частей.

Часть 1. «Экология электромагнитного излучения».

Часть 2. «Радиационная экология».

Часть 3. «Акустическая и вибрационная экология».

Часть 4. «Дистанционный анализ состава атмосферы», «Химические методы контроля», «Контроль освещенности рабочих мест».

Свой вариант курсовой работы выбирается студентом следующим образом: из 1-й и 2-й частей — по последней цифре шифра, а из 3-й и 4-й частей — по предпоследней цифре шифра.

Курсовая работа, выполненная не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не считается зачетной.

Если курсовая работа не зачтена, ее следует выполнить повторно в соответствии с указаниями рецензента и представить вместе с незачтенной работой. Исправления следует выполнять в конце работы, после рецензии, а не в тексте.

## 2. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

### Часть 1. «ЭКОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

#### 1. Значения некоторых физических постоянных

Масса нейтрона	$m_n = 1,674 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса протона	$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Скорость света в вакууме	$c = 2,9998 \cdot 10^8$ м/с
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Элементарный электрический заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

2. Перенос энергии электромагнитной волной характеризуется вектором Пойнтинга — энергией, проходящей через единицу площади за единицу времени,

$$\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}],$$

где  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  — векторы напряженности соответственно электрического и магнитного полей, причем:

$$|\vec{E}| = \sqrt{\mu\mu_0 / \epsilon\epsilon_0} |\vec{H}|.$$

Для вакуума ( $\epsilon = 1$ ,  $\mu = 1$ ), и  $|\vec{E}| = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} |\vec{H}|$ .

Индукция  $B$  и напряженность  $H$  магнитного поля связаны соотношением  $B = \mu\mu_0 H$ .

3. Некоторые характеристики материалов для электромагнитных экранов:

Материал	Проводимость, см·м <sup>-1</sup>	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
медь	6,41·10 <sup>7</sup>	8600
алюминий	4,08·10 <sup>7</sup>	2600

4. Уровни магнитного поля промышленной частоты, создаваемого некоторыми бытовыми электроприборами на расстоянии 0,3 м:

Электрическая плита	0,4 мкТл
Люминесцентная лампа	0,5 мкТл
Электродрель	2,2 мкТл
Микроволновая печь	4,0 мкТл

5. Для расчета индукции  $dB$  магнитного поля, создаваемого элементом  $dl$  проводника с током силой  $I$  в точке, которая задается радиус-вектором (проведенным от элемента  $dl$  в эту точку), можно использовать формулу закона Био-Савара-Лапласа:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}.$$

На основе этой формулы можно получить выражения для расчета полей, создаваемых проводниками с током различных конфигураций (прямого бесконечно длинного проводника, проводника конечной длины и т.д.) — см. литературу в конце раздела.

6. Примеры параметров приборов для измерения электрического и магнитного полей:

1) Измеритель напряженности электростатического поля СТ-1:

Рабочий диапазон измерений напряженности электростатического поля 0,3–180 кВ/м.

Предел допустимой основной относительной погрешности  $\pm 15\%$ .

Масса прибора 1,1 кг.

2) Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр АТ-002:

Пределы измерений электрического поля:

в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц 8–100 В/м;

в диапазоне частот 2–400 кГц 0,8–10 В/м.

Пределы измерений магнитного поля:

в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц 0,08–1 мкТл;

в диапазоне частот 2–400 кГц 8–100 нТл.

Предел допустимой основной относительной погрешности:  $\pm 20\%$ .

Масса прибора 0,45 кг.

## **ТЕМЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КУРСОВЫХ РАБОТ**

Источниками электромагнитных полей (ЭМП) являются: атмосферное электричество, электрические и магнитные поля Земли, искусственные источники. Нормируемыми параметрами в диапазоне частот 60 кГц – 300 МГц являются напряженности  $E$  и  $H$  электромагнитного поля; на частотах выше 300 МГц нормируемым параметром является плотность потока электромагнитной энергии (вектор Пойнтинга).

При выполнении заданий 1–4 укажите, какое влияние на человека оказывают электромагнитные волны именно того диапазона, о котором идет речь в задании. Опишите физические принципы работы устройств, используемых для измерения параметров соответствующих полей, укажите возможные марки и приведите примеры параметров приборов, которыми могли быть произведены измерения. Сравните полученные результаты с санитарными нормами для полей, создаваемых компьютером, СВЧ-печью, электрическим чайником и другими бытовыми приборами.

**Задание 1.** Измерения компонент вектора напряженности электрического поля, возникающего у экрана работающей электронно-лучевой трубки, которые были выполнены с помощью *BE*-метра показали, что на частоте 2 кГц  $E_x = 6$  В/м, а  $E_y = 4$  В/м. Вычислите, чему равна при этом плотность мощности электромагнитного излучения. Сравните полученные результаты с санитарными нормами, регламентирующими воздействие электромагнитного излучения на оператора ЭВМ. Укажите, какие мероприятия (технического, медицинского, профилактического характера) осуществляются для снижения риска неблагоприятного воздействия электромагнитных полей на оператора.

**Задание 2.** Измерения компонент вектора напряженности электрического поля, возникающего у экрана монитора компьютера, которые были выполнены с помощью *BE*-метра показали, что на частоте 2 кГц  $E_x = 26$  В/м, а  $E_y = 24$  В/м. Какой плотности мощности электромагнитного излучения полученные результаты? Сравните полученные результаты с санитарными нормами, регламентирующими воздействие электромагнитного излучения на оператора ЭВМ. Укажите, какие мероприятия (технического, медицинского, профилактического характера) осуществляются для снижения риска неблагоприятного воздействия электромагнитных полей на оператора.

**Задание 3.** Известно, что предельно допустимое значение энергетической экспозиции воздействия электромагнитного



излучения в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц не должно превышать  $200 \text{ мкВт}\cdot\text{ч}/\text{см}^2$ . Каковы при этом верхние границы допустимых значений индукции магнитного поля и напряженности электрического поля в электромагнитной волне при длительности воздействия, соответствующей полному рабочему дню (8 часов)? Укажите, какие мероприятия (технического, медицинского, профилактического характера) следует предпринимать для снижения риска неблагоприятного воздействия электромагнитных полей на персонал, работающий в условиях, близких к пороговому значению энергетической экспозиции.

**Задание 4.** Наиболее опасной зоной работающей СВЧ-печи считается область вблизи правого нижнего угла дверцы: именно в этом месте чаще всего происходит нарушение экранировки ее излучения. Полагая, что к.п.д. СВЧ-печи мощностью 2 Вт составляет 50%, причем 5% мощности возникающего излучения рассеивается через неплотно прикрытую дверцу (ее правый нижний угол можно считать точечным источником), определите безопасное расстояние, на котором можно находиться вблизи печи не более 30 мин. Допустимой в данном случае является плотность потока энергии, не превышающая  $10 \text{ мВт}/\text{см}^2$ . Укажите, какие мероприятия (технического, медицинского, профилактического характера) следует предпринимать для снижения риска неблагоприятного воздействия электромагнитного поля СВЧ-печи на людей, по роду своей деятельности постоянно имеющих дело с такого типа устройствами.

**Задание 5.** Толщина прямоугольного листового алюминиевого экрана выбрана так, чтобы уменьшить амплитуду проходящей сквозь него электромагнитной волны (частота 1 МГц) в 3 раза. Во сколько раз тяжелее должен быть листовой медный экран такой же высоты и ширины, но уменьшающий энергию прошедшей электромагнитной волны в 5 раз? Какими неблагоприятными для здоровью человека последствиями грозит воздействие на него электромагнитных волн данной частоты? Укажите, какие мероприятия (технического, медицинского, профи-

лактического характера) осуществляются для снижения риска неблагоприятного воздействия электромагнитных полей поля на персонал, работающий в соответствующих условиях.

**Задание 6.** Двухслойный (из пленки алюминия и пленки меди) экран для защиты от электромагнитного излучения должен иметь общую толщину 3 мкм и при этом ослаблять электромагнитную волну длиной 0,3 м ровно в 4 раза. Какой толщины при этом должна быть пленка алюминия? Для какой длины волны ослабление окажется четырехкратным, если эту толщину будет иметь не слой алюминия, а слой меди в подобной двухслойной структуре общей толщиной те же 3 мкм? Какими неблагоприятными для здоровью человека последствиями грозит воздействие на него электромагнитных волн данной частоты? Укажите, какие мероприятия (технического, медицинского, профилактического характера) осуществляются для снижения риска неблагоприятного воздействия электромагнитных полей на персонал, работающий в соответствующих условиях.

**Задание 7.** В кабине локомотива, работающего на переменном токе, создается магнитное поле. Полагая, что расстояние от кабины машиниста до силового провода тяговой сети равно 2 м, оцените плотность потока энергии этого поля и амплитуду вектора магнитной индукции и вектора напряженности электрического поля. Провод с током (от ближайшей тяговой подстанции до токосъемника) считать полубесконечным, принять, что кабина расположена под углом  $45^\circ$  к направлению от токосъемника. Напряжение в сети равно 25 кВ, мощность, развиваемая локомотивом, 2000 кВт. Сравните полученные результаты с санитарными нормами, регламентирующими воздействие электромагнитного излучения на человека. Укажите, какие мероприятия (технического, медицинского, профилактического характера) осуществляются для снижения риска неблагоприятного воздействия электромагнитных полей на машиниста.

**Задание 8.** В кабине локомотива, работающего на переменном токе, создается магнитное поле. Полагая, что рас-

стояние от кабины машиниста до силового провода тяговой сети равно 2 м, оцените плотность потока энергии этого поля, амплитуду вектора магнитной индукции и вектора напряженности электрического поля. Провод с током (от ближайшей тяговой подстанции до токосъемника) считать полубесконечным, принять, что кабина расположена под углом  $45^\circ$  к направлению от токосъемника. Напряжение в сети равно 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом, 6000 кВт. Сравните полученные результаты с санитарными нормами, регламентирующими воздействие электромагнитного излучения на человека. Укажите, какие мероприятия (технического, медицинского, профилактического характера) осуществляются для снижения риска неблагоприятного воздействия электромагнитных полей на машиниста.

**Задание 9.** При движении локомотива, развивающего мощность 6000 кВт и работающего на переменном токе промышленной частоты при напряжении 3,6 кВ, вокруг провода тяговой сети создается электромагнитное поле. На каком расстоянии от провода значение магнитной индукции и напряженности электрического поля превысят санитарные нормы? Как изменятся результаты оценки, если локомотив разовьет вдвое большую мощность? Как меняются результаты оценок (и соответствующие санитарные нормы), если рассмотреть тяговую сеть не переменного, а постоянного тока?

**Задание 10.** При движении локомотива, развивающего мощность 3000 кВт и работающего на переменном токе промышленной частоты при напряжении 25 кВ, вокруг провода тяговой сети создается электромагнитное поле. На каком расстоянии от провода значение магнитной индукции и напряженности электрического поля превысят санитарные нормы? Как изменятся результаты оценки, если локомотив разовьет вдвое большую мощность? Как меняются результаты оценок (и соответствующие санитарные нормы), если рассмотреть тяговую сеть не переменного, а постоянного тока?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электромагнитные поля в производственных условиях. СанПиН 2.2.4.1191-03. — СПб.: Издательство ДЕАН. — 2003.
2. Фортыгин А.А. Экология электромагнитных излучений. Методические указания и контрольные задания для студентов 4 курса. — М.: РГОТУПС, 2004. — 17 с.
3. Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. М.: Радио и связь, 2000.
4. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера. — М.: Изд. дом «Ноосфера», 2001.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. Книга 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. — М.: Издательство АСТ, Астрель, 2002.
6. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Уч. пос. для втузов. — М.: Высшая школа, 2002. — 718 с.
7. Трофимова Т.И. Курс физики: Уч. пос. для вузов. — М.: Высшая школа, 2000. — 542 с.
8. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике: Уч. пос. для вузов. — М.: Изд. Физ.-мат. литературы, 2002. — 640 с.
9. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. — М.: ООО «Рада — Стайл», 2005. — 400 с.

## Часть 2. «РАДИАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ»

1. Некоторые единицы измерения, применяемые в радиационной дозиметрии

Величина и символ	Наименование и обозначение единиц		Связь между единицами
	СИ	Внесистемные	
Активность $A$	Беккерель (1 распад в секунду), 1 Бк = 1 с <sup>-1</sup>	Кюри; 1 Ки	1 Ки = 3,7·10 <sup>10</sup> Бк
Экспозиционная доза, $X$	1 Кл/кг (В 1 кг сухого атмосферного воздуха производится заряд 1 Кл)	Рентген; 1 Р	1 Р = 2,58·10 <sup>-4</sup> Кл/кг
Мощность экспозиционной дозы, $\dot{X}$	1 Кл/(кг·с)	1 Р/с	1 Р/с = 2,58·10 <sup>-4</sup> Кл/(кг·с)
Поглощённая доза $D$	Грей (1 кг облучённого вещества передается энергия 1 Дж), 1 Гр = 1 Дж/кг	Рад; 1 рад	1 рад = 10 <sup>-2</sup> Гр
Эквивалентная доза $H$	Зиверт (доза, при которой 1 кг стандартной биологической ткани поглощает энергию 1 Дж); 1 Зв	бэр; 1 бэр	1 бэр ≈ 0,01 Зв

2. Одна и та же поглощенная доза разных видов ионизирующих излучений приводит разным эффектам в биологических объектах:

$$H = W_R D.$$

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения:

Тип ионизирующего излучения	$W_R$
Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ	5
Нейтроны с энергией от 10 кэВ до 100 кэВ	10
Нейтроны с энергией от 100 кэВ до 2 МэВ	20
Протоны с энергией более 2 МэВ	5
$\alpha$ -частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

### 3. Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{или} \quad N = N_0 2^{-t/T_{0,5}},$$

где  $N_0$  — начальное число ядер радиоактивного элемента;

$N$  — число ядер, не распавшихся спустя время  $t$ ;

$\lambda$  — постоянная радиоактивного распада;

$T_{0,5}$  — период полураспада ( $T_{0,5} = \ln 2 / \lambda$ ).

Период полураспада некоторых радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ изотопа	Некоторые продукты распада	Период полураспада
Актиний	${}_{89}^{225}\text{Ac}$	${}_{87}^{221}\text{Fr}$	10 суток
Иод	${}_{53}^{131}\text{I}$	${}_{54}^{131}\text{Xe}, \gamma$	8 суток
Кобальт	${}_{27}^{60}\text{Co}$	${}_{28}^{60}\text{Ni}, \gamma$	5,3 года
Углерод	${}_{6}^{14}\text{C}$	${}_{7}^{14}\text{N}$	$5,7 \cdot 10^3$ лет
Радий	${}_{88}^{226}\text{Ra}$	${}_{86}^{222}\text{Rn}, \gamma$	$1,62 \cdot 10^3$ лет
Радон	${}_{86}^{222}\text{Rn}$	${}_{84}^{218}\text{Po}$	3,8 суток
Стронций	${}_{38}^{90}\text{Sr}$	${}_{39}^{90}\text{Y}$	28 лет
Цезий	${}_{55}^{137}\text{Cs}$	${}_{56}^{137}\text{Ba}$	30 лет
Торий	${}_{90}^{229}\text{Th}$	${}_{88}^{226}\text{Ra}, \gamma$	$7 \cdot 10^3$ лет
Уран	${}_{92}^{238}\text{U}$	${}_{90}^{234}\text{Th}, \gamma$	$4,5 \cdot 10^9$ лет
Тритий	${}_{1}^3\text{H}$	${}_{2}^3\text{He}$	12,4 года

4. Ослабление потока  $\gamma$ -излучения, проходящего через слой вещества толщиной  $x$ , рассчитывается по формуле:

$$I = I_0 e^{-\mu \rho x},$$

где  $I_0$  и  $I$  — интенсивности падающего и прошедшего потоков излучения соответственно;

$\rho$  — плотность вещества;

$\mu$  — массовый коэффициент поглощения вещества, зависящий от природы вещества и от энергии  $\gamma$ -квантов.

Массовый коэффициент поглощения является суммой массовых коэффициентов поглощения, обусловленных фотоэффектом, комптон-эффектом и образованием электрон-позитронных пар.

5. Примеры параметров приборов, используемых для радиационного контроля:

1. Универсальный дозиметр ДКС-101 БМК-06 /  $\gamma$ -кванты: 0,03–50 МэВ, электроны: 10–50 МэВ;

2. Дозиметр ДКГ-03Д «Грач» /  $\gamma$ -излучение: 0,1 мкЗв/ч – 1,0 мЗв/ч;

3. Дозиметр-радиометр МКС-05 «Терра» /  $\gamma$ -излучение: 1 мкЗв/ч – 10,0 мЗв/ч; электроны: плотность потока  $10\text{--}10^5 \text{ см}^{-2}\cdot\text{мин}^{-1}$ .

## ТЕМЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КУРСОВЫХ РАБОТ

**Задание 1.** В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего  $^{23}_{11}\text{Na}$  с активностью  $A_0 = 2,0 \cdot 10^3$  Бк. Активность  $V = 1 \text{ см}^3$  крови через  $t = 5,0$  часов оказалась  $A = 0,267$  Бк/см<sup>3</sup>. Период полураспада данного радиоизотопа  $T_{0,5} = 15$  часов. Найти объем крови человека. Приведите еще примеры использования радиоизотопов в медицине.

**Задание 2.** Космическое излучение на уровне моря на экваторе образует в воздухе объемом  $V = 1 \text{ см}^3$  в среднем  $N = 24$  пары ионов за время  $t_1 = 10$  с. Определить экспозиционную дозу  $D_{\text{эксп.}}$ , получаемую человеком за время  $t_2 = 1$  год.

Считая, что преобладающим является  $\gamma$ -излучение, приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) которые могут быть использованы для контроля радиационной обстановки.

**Задание 3.** Под действием космических лучей в воздухе объемом  $V = 1 \text{ см}^3$  на уровне моря образуется в среднем  $N = 120$  пар ионов за промежуток времени  $t_1 = 1$  мин. Определить экспозиционную дозу излучения  $D_{\text{эксп.}}$ , действию которой подвергается человек за время  $t_2 = 1$  сут. Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы), которые могут быть использованы для контроля радиационной обстановки.

**Задание 4.** Флюоресцирующий экран площадью  $S = 0,03 \text{ см}^2$  находится на расстоянии  $r = 1 \text{ см}$  от пылинки радия  ${}^{225}_{88}\text{Ra}$  массой  $m = 18 \text{ пг}$ . Сколько вспышек  $N$  за  $t = 1$  мин получится на экране? Приведите примеры сцинтилляционных счетчиков (с кратким пояснением принципа их работы), которые могут быть использованы для контроля радиационной обстановки.

**Задание 5.** Крупинка, содержащая радий  ${}^{225}_{88}\text{Ra}$ , находится на расстоянии  $r = 1,2 \text{ см}$  от флюорисцирующего экрана. Какое количество радия имеется в ней, если в течение времени  $t = 1$  мин на площади экрана  $S = 0,0602 \text{ см}^2$  удалось зарегистрировать  $N = 47$  сцинтилляций? (Продукты распада очень быстро откачиваются насосом). Приведите примеры сцинтилляционных счетчиков (с кратким пояснением принципа их работы), которые могут быть использованы для контроля радиационной обстановки.

**Задание 6.** Для создания светящейся краски, наносимой на циферблат наручных часов, может использоваться масса, в состав которой вводится радиоактивный изотоп: его излучение возбуждает люминофор, на основе которого изготовлена эта краска. В настоящее время для этих целей наиболее часто используется  ${}^3_1\text{H}$ , энергия возникающего при этом излучения равна примерно 19 кэВ. Чем обусловлен такой выбор (по-



чему, например, не  $^{225}_{89}\text{Ac}$ )? За какое время яркость свечения краски с  $^3_1\text{H}$  уменьшится в 5 раз? Из каких материалов следует изготавливать корпус? Какие предосторожности следует соблюдать, используя подобные часы? Чем в медицинском плане может грозить неосторожное обращение с такими часами? Где еще можно использовать источники радиации, подобные изотопам  $^3_1\text{H}$ ? Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы), которые могут быть использованы для контроля радиационной обстановки при работе с подобными устройствами.

**Задание 7.** Эффективная вместимость  $V$  ионизационной камеры карманного дозиметра равна  $1\text{ см}^3$ , электроемкость  $C = 2\text{ пФ}$ . Камера содержит воздух при нормальных условиях. Дозиметр был заряжен до потенциала  $U = 150\text{ В}$ . Под действием излучения потенциал понизился до  $U = 110\text{ В}$ . Определите экспозиционную дозу  $D_{\text{эксп}}$  облучения. Опишите применяемый при этом прибор дозиметрического контроля (с кратким пояснением принципа работы).

**Задание 8.** В источнике минеральной воды активность радона составляет  $1000\text{ Бк}$  на  $1\text{ л}$  воды. Какое количество атомов радона попадает в организм пациента, выпившего стакан минеральной воды объемом  $0,2\text{ л}$ ? Период полураспада радона  $^{226}_{88}\text{Rn}$  равен  $1622\text{ года}$ . Опишите, что такое внутреннее и внешнее облучение.

**Задание 9.** Если  $2,1\text{ мл}$  морской воды содержит  $10^{-15}\text{ г}$  радона  $^{226}_{88}\text{Rn}$ , то какое количество воды имеет активность, равную  $10\text{ мк Ки}$ ? Опишите, что такое внутреннее и внешнее облучение. Период полураспада  $^{226}_{88}\text{Rn}$  равен  $1622\text{ года}$ .

**Задание 10.** Использование радиоактивных изотопов для датировки археологических находок и определения возраста геологических пород. Опишите метод, сравните с другими, используемыми для этих же целей (достоинства, недостатки). Каков уровень соответствующего регистрируемого излучения, какие приборы используются для этих целей? Оцените, во сколько раз меняется активность препарата на

основе изотопа  $^{14}_6\text{C}$  за то же время, за которое активность препарата на основе изотопа падает в полтора раза. В чем заключается отличие между возникающими в данных случаях излучениями?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1.758-99 Издание официальное. М: Минздрав России. — 1999.
2. Фокин В.С., Демидов Б.А., Силина Е.К. Радиационная экология. Рабочая программа для студентов IV курса. — М.: РГОТУПС, 2003. — 37 с.
3. Усманов С.М. Радиация. Справочные материалы. — М.: Владос. — 2001. — 176 с.
4. Коротеев А.А., Мадеев В.Г. Безопасность эксплуатации ядерных реакторов. — М.: МАИ, 2001
5. Савельев И.В. Курс общей физики. Книга 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. — М.: Издательство АСТ, Астрель, 2002.
6. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Уч. пос. для вузов. — М.: Высшая школа, 2002. — 718 с.
7. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике: Уч. пос. для вузов. — М.: Изд. Физ.-мат. литературы, 2002. — 640 с.
8. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. — М.: ООО «Рада – Стайл», 2005. — 400 с.

## Часть 3. «Акустическая и вибрационная экология»

1. Значения некоторых физических постоянных  
Величина звукового давления, соответствующего «порогу слышимости»:  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па  
Интенсивность звука, соответствующая «порогу слышимости»:  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>  
Начальное значение скорости вибрации  $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$  м/с

## 2. Основные обозначения и формулы.

Уровень звукового давления в децибелах:  $L_p = 20 \lg p/p_0$ .

Уровень интенсивности звука в децибелах:  $L_I = 10 \lg I/I_0$ .

С достаточной степенью точности можно

считать, что

$$L_p = L_I$$

Уровень виброскорости в децибелах:

$$L_v = 20 \lg v/v_0$$

## 3. Расчет дозы шума

В общем случае для непостоянных шумов доза шумовой энергии, воздействующей на человека, определяется как

$$D = \int_0^T p_t^2 dt,$$

где  $p_t$  — мгновенное значение звукового давления в момент времени  $t$ .

Относительную дозу шума (ДШ) вычисляют по форме:

$$\text{ДШ} = (D/D_{\text{доп}})100\%.$$

где  $D$  — фактическая доза шума (измеряется в  $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$ );

$D_{\text{доп}}$  — допустимая доза шума (также измеряется в  $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$ ), которая определяется по формуле:

$$D_{\text{доп}} = p_{\text{доп}}^2 t_{\text{доп}},$$

где  $p_{\text{доп}}$  — значение звукового давления, соответствующее допустимому уровню звука;

$t_{\text{доп}}$  — допустимое время воздействия шума (ч).

Дозу шума можно также оценить за отдельные промежутки времени по следующей формуле:

$$D = \left( \sum_{i=1}^N p_i^2 \cdot t_i \right) 100\%,$$

где  $p_i$  — звуковое давление, соответствующее уровням звука в дБА;

$t_i$  — время действия шума (час);

$N$  — общее число периодов действия шума.

Так, например, если известны интервалы времени, в течение которых работники подвергались воздействию шума с разными уровнями за 8-ми часовой рабочий день, то, чтобы определить дозу шума, надо:

- перевести уровни звука в квадраты звуковых давлений;
- перемножить квадраты давлений на соответствующие интервалы времени и суммировать полученные значения;
- сумму умножить на 100%.
- допустимая доза шума  $D \leq 100\%$ .

## ТЕМЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КУРСОВЫХ РАБОТ

**Задания 1, 2 и 3.** В течение восьмичасового рабочего дня работники подвергались воздействию шума с разными уровнями в течение разных интервалов времени (данные для заданий 1, 2 и 3 представлены в табл. 3.1). Рассчитайте полученную работниками дозу шума и сравните ее с допустимой дозой. Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) для измерения шума. Опишите воздействие шума на организм человека.

Т а б л и ц а 3.1

Уровень звука, $L_p$ , дБА	Время воздействия звука		
	Задание1	Задание 2	Задание3
100	6 мин	12 мин	10 мин
90	54 мин	3,5 ч	2 ч 50 мин
80	4 ч	1,5 ч	2 ч
70	3 ч	2 ч 48 мин	3 ч

**Задание 4.** Измерения показали, что использование средств индивидуальной защиты типа «Беруши» привело к снижению уровня шума на среднегеометрической частоте 125 Гц от 94 до 79 дБ. Определите, во сколько раз при этом уменьшились звуковое давление и интенсивность звука. Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) для измерения шума. Опишите, как шум воздействует на организм человека.

**Задание 5.** Использование средств индивидуальной защиты типа «Беруши» уменьшило звуковое давление в 15,8 раза. Определите, во сколько раз при этом уменьшилась интенсивность звука, и на сколько дБ при этом снизился уровень звука. Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) для измерения шума. Опишите, как шум воздействует на организм человека.

**Задание 6.** Во сколько раз звуковое давление, сниженное за счет использования в качестве средств индивидуальной защиты наушников типа ВЦНИИОТ-7И, оказывается меньше звукового давления, сниженного за счет использования в качестве средства защиты вкладышей типа «Беруши»? (На среднегеометрической частоте 2000 Гц наушники снижают уровень звука на 36 дБ, а «Беруши» — на 26 дБ). Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) для измерения шума. Опишите, как шум воздействует на организм человека.

**Задание 7.** Электрическая мощность наушников портативного магнитофона составляет 0,1 Вт. Учитывая, что звуковая мощность составляет 1% от электрической мощности, определите уровень звукового давления, оказываемого на барабанную перепонку. (Для расчетов принять наушник за точечный звуковой источник, а расстояние от источника звука до барабанной перепонки считать равным 1 см). Сравните полученный результат с нормативными данными. Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) для измерения шума. Опишите, как шум воздействует на организм человека.

**Задание 8.** Низкая частота колебаний и большая длина инфразвуковых волн обуславливают их распространение на очень большие расстояния с незначительной потерей энергии ( $8 \cdot 10^{-6}$  дБ на 1 км расстояния). Определите, во сколько раз с учетом таких потерь уменьшатся интенсивность звука и звуковое давление на расстоянии 20000 км от источника инфразвука. Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) для измерения шума. Опишите, как инфразвук воздействует на организм человека.

**Задание 9.** Использование специального автодорожного покрытия снизило уровень виброскорости на дороге на 20 дБ. Во сколько раз при этом уменьшилась скорость вибрации? Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) для измерения виброскорости и виброускорения. Опишите, как вибрация воздействует на организм человека.

**Задание 10.** Использование вибропоглощающего устройства снизило уровень виброскорости станка на 20%. При этом уровень вибрации стал равным 50 дБ. Определите, во сколько раз вибропоглощающее устройство уменьшило вибрационную скорость? Приведите примеры приборов (с кратким пояснением принципа их работы) для измерения виброскорости и виброускорения. Опишите, как вибрация воздействует на организм человека.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Силина Е.К., Фортыгин А.А., Долженко Н. Шум и вибрация на железнодорожном транспорте. Рабочая программа и задание на контрольную работу №1 с методическими указаниями для студентов IV курса. — М.: РГОТУПС, 2003. — 12 с.

2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Уч. пос. для вузов. — М.: Высшая школа., 2002. — 718 с.

3. Ахметзянов И.М., Гребеньков С.В., Ломов О.П. Шум и инфразвук. Гигиенические аспекты. — СПб.: Бип, 2002. — 100 с.

4. Куклев Ю.И. Физическая экология. — М.: Высшая школа, 2003. — 357 с.

5. Шум и вибрация: Уч. пос. / В.Н. Долженко, А.А. Фортыгин, С.М. Кокин, В. С. Фокин. — М.: РГОТУПС, 2003. — 50 с.

6. Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности», № 9,10, 2004.

**Часть 4. «ДИСТАНЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА АТМОСФЕРЫ»,  
«ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ»,  
«КОНТРОЛЬ ОСВЕЩЕННОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ»**

1. Таблица частот колебаний молекул некоторых газов

Газ	НСI	СО	NO
Частота колебаний	$86,5 \cdot 10^{12}$ Гц	$64,4 \cdot 10^{12}$ Гц	$56,3 \cdot 10^{12}$ Гц

**Пример параметров лидара:**

Двухволновой лидар ЛСА-2с; Излучатель — Nd:YAG-лазер.

Рабочие длины волн — 1064 нм и 532 нм.

Энергия импульса лазера на длине волны 1064 нм — до 100 мДж.

Энергия импульса лазера на длине волны 532 нм — до 50 мДж.

Дальность измерений — до 10 км.

Общая масса лидара — не более 180 кг.

4. Рекомендуемые значения освещенности рабочих поверхностей (в общем случае освещенность измеряется на высоте 0,8 м от пола)

Наименование помещений	Плоскость	Освещенность в люксах
Канторские помещения, кабинеты, классы	вертикальная	300
Преподавательские	вертикальная	200
Проектные бюро	вертикальная	500
Вестибюли, главные коридоры, лестницы	вертикальная	150
Лестницы	на ступенях	75...50
Основные проходы, коридоры в производственных помещениях	горизонтальная	50
Санитарные узлы	горизонтальная	75

Освещенность, создаваемая изотропным точечным источником света на расстоянии  $r$  от него:

$$E_v = \frac{I}{r^2} \cos \alpha.$$

Здесь  $I$  — сила света источника,  $\alpha$  — угол падения лучей на освещаемую поверхность.

### **Пример параметров люксметра.**

*Люксметр Ю-116*, предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами накаливания и естественным светом. Принцип действия — фотоэлектрический (источник питания не требуется).

Диапазон измерения освещенности от 5 до  $10^5$  лк, погрешность измерения  $\pm 10\%$ .

Вид индикации: стрелочная

Условия и место применения: полевые.

## **ТЕМЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КУРСОВЫХ РАБОТ**

А) Использование для дистанционного мониторинга воздушной среды устройств, которые называются *лидарами* (сокращение от слов Light Detection And Ranging), основано на том, что при взаимодействии лазерного луча, испущенного лидаром, в результате эффекта комбинационного рассеяния света на отдельных молекулах возникает добавочное излучение с частотами  $\nu_0 - \Omega_j$  и  $\nu_0 + \Omega_j$ , отличающимися от частоты  $\nu_0$  света самого лазера. Излучение на частоте, меньшей лазерной, называется стоксовым рассеянием, а на частоте, большей лазерной, — антистоксовым.

При выполнении заданий 1–4 укажите, для определения содержания каких газов используются лидары, почему контролируется содержание в атмосфере именно этих веществ (в чем заключается их негативное воздействие на человека), кратко опишите физические принципы работы лидаров, приведите примеры параметров конкретных приборов, применяемых на практике для дистанционного мониторинга воздушной среды.



**Задание 1.** Для лазерного мониторинга атмосферы используется лидар с аргоновым лазером, излучающим на длине волны 514 нм. Определите, какой газ дает вклад в комбинационное рассеяние, если длина одной из двух волн света, рассеянного газом, составляет 448 нм. Вычислите также длины волн, соответствующие стоксовому и антистоксовому рассеянию в случае, если для выявления содержания в атмосфере этого же газа использовать лидар, излучающий на длине волны 1064 нм.

**Задание 2.** Для лазерного мониторинга атмосферы используется лидар с аргоновым лазером, излучающим на длине волны 514 нм. Определите, какой газ дает вклад в комбинационное рассеяние, если длина одной из двух волн света, рассеянного газом, составляет 569 нм. Вычислите также длины волн, соответствующие стоксовому и антистоксовому рассеянию в случае, если для выявления содержания в атмосфере этого же газа использовать лидар с Nd:YAG- лазером, излучающим на длине волны 532 нм.

**Задание 3.** Для лазерного мониторинга атмосферы используется лидар с Nd:YAG-лазером, излучающим на длинах волн  $\lambda_1 = 532$  нм и  $\lambda_2 = 1064$  нм. Определите, какой газ дает вклад в комбинационное рассеяние, если для  $\lambda_1$  длина одной из двух волн света, рассеянного газом, составляет 484 нм. Вычислите также длины волн, соответствующие стоксовому и антистоксовому рассеянию в случае, если для выявления содержания в атмосфере этого же газа использовать длину волны  $\lambda_2 = 1064$  нм.

**Задание 4.** Для лазерного мониторинга атмосферы используется Nd:YAG-лазер с длиной волны 1064 нм. Определите, какой газ дает вклад в комбинационное рассеяние, если в рассеянном излучении регистрируется волна длиной 866 нм. Вычислите также длины волн, соответствующие стоксовому и антистоксовому рассеянию в случае, если для выявления содержания в атмосфере этого же газа использовать лидар с аргоновым лазером, излучающим на длине волны 514 нм.

Б) Задания 5–8 данного раздела посвящены использованию химических методов для определения таких токсичных металлов, как пары ртути и ионы кадмия.

**Задание 5.** Для качественного обнаружения паров ртути в воздухе используют индикаторную бумагу специального состава, который получают смешиванием 200 мл 10% раствора  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и 200 мл 10% раствора КJ. При этом образуется осадок, его фильтруют, промывают смесью однопроцентных растворов КJ и  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Суспензию осадка со спиртом наносят на фильтровальную бумагу и высушивают. Хранят в герметичной упаковке. Определите состав осадка и напишите уравнение реакции его получения. Рассчитайте количество медного купороса и иодида калия для приготовления 250 г смеси растворов.

**Задание 6.** Какова допустимая концентрация ртути в воздухе? Чувствительность индикаторной бумаги для регистрации паров ртути (способ приготовления рассмотрен в предыдущей задаче) составляет  $5 \cdot 10^{-7}$  мг/мл. Определите, во сколько раз отличается чувствительная концентрация от допустимой и какова окраска бумаги при обнаружении паров ртути, и каким соединением она обусловлена.

**Задание 7.** Проанализируйте воду, в которой предполагается наличие ионов  $\text{Hg}^{+2}$  и  $\text{Pb}^{+2}$ . Каждый из ионов реагируют с раствором иодида калия, образуя осадок. Какого цвета каждый из осадков, каков состав? Что происходит при избытке раствора КJ? Чувствительность реактива КJ для  $\text{Hg}^{+2}$  составляет менее 0,005 мг/мл, а для  $\text{Pb}^{+2}$  – 0,2 мг/мл. Какого цвета осадок выпадет при добавлении реактива к воде, если предполагается, что концентрации ртути и свинца одного порядка. Какой ион более токсичен?

**Задание 8.** В каком соединении  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  или  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  наиболее токсичный хром? Почему? Каковы последствия для человека при попадании в питьевую воду этих видов хрома? Какая комбинация реактивов поможет определить наличие определенного вида иона  $\text{Cr}^{+n}$ :

1) вода + КОН (2 г-экв/л) +  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3% раствор) → кипятить → определить окрашивание;

2)  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3% раствор) +  $\text{HCl}$  (2 г-экв/л) + диэтиловый эфир + слабо-подкисленная вода → определить окрашивание.

**В)** Большую часть информации человек получает с помощью зрения. Именно поэтому изучению вопросов фотометрии уделяется особое внимание. Немалую роль в вопросах производительности и безопасности труда, а также бытовой безопасности играют вопросы освещенности жилых и производственных помещений. Примером решения задач, связанных с освещением производственных объектов, может служить железнодорожная отрасль: для повышения производительности труда работников транспорта и безопасности людей открытые территории железнодорожных станций и внутренние помещения вокзалов, депо, постов электрической централизации, мастерских и прочих объектов должны иметь хорошую освещенность.

**Задание 9.** На потолке в каждом из четырех углов квадратной комнаты высотой 3 м с площадью пола  $25 \text{ м}^2$  подвешены лампы силой света  $10^3$  кд каждая. Считая лампы изотропными точечными источниками света, определите, какова освещенность в центре комнаты. Какому типу рабочего помещения (проектное бюро, преподавательская, главный коридор здания и т.д.) соответствует освещенность центральной области на полу комнаты?

**Задание 10.** Над центром круглого стола радиусом 80 см на высоте 60 см висит лампа силой света 100 кд. Определите: а) освещенность в центре стола; б) освещенность на краю стола, в) световой поток, падающий на стол, г) среднюю освещенность  $E_{\text{cp}}$  стола. Какому типу рабочего помещения (проектное бюро, преподавательская, главный коридор здания и т.д.) соответствует освещенность, достигаемая в центре стола и на его периферии?

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Уч. пос. для вузов. — М.: Высшая школа, 2002. — 718 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики: Уч. пос. для вузов. — М.: Высшая школа, 2000, 542 с.
3. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике: Уч. пос. для вузов. — М.: Изд. Физ.-мат. литературы, 2002. — 640 с.
4. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. — М.: ООО «Рада – Стайл», 2005. — 400 с.
5. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы и правила. СНиП 23-05-95. М., 1996.
6. Химическая энциклопедия в 5-ти томах. Мед.-Пол. / Ред. И.Л. Кунянц, 1990.
7. Экологический словарь: Энциклопедия – М.: Ноосфера, 1999. – 930 с.

---

## МОНИТОРИНГ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Рабочая программа и задание  
на курсовую работу

Редактор *Д.Н. Тихонычев*  
Компьютерная верстка *О.А. Денисова*

---

Тип. зак.	Изд. зак. 268	Тираж 400 экз.
Подписано в печать 10.07.07	Гарнитура Times	Офсет
Усл. печ. л. 2,25		Формат 60×90 <sub>1/16</sub>

---

Издательский центр РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПС,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2