

4/30/2

Одобрено кафедрой
«Физика и химия»

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов IV курса

специальностей

330100 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ТЕХНОСФЕРЕ

330200 ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



С о с т а в и т е л ь — канд. физ.-мат. наук, доц. А.А. ФОРТЫГИН

Р е ц е н з е н т — канд. физ.-мат. наук, доц. Н.П. Егоров

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Электромагнитное загрязнение на железнодорожном транспорте» включен в профессиональное обучение экологов и специалистов по безопасности жизнедеятельности в связи с тем, что электромагнитное загрязнение окружающей среды играет всевозрастающую роль по мере развития средств связи, увеличивающегося числа теле- и радио-передатчиков, расширения диапазона частот электрических приборов, используемых в быту.

В курсе изучаются особенности генерации, распространения и взаимодействия с человеческим организмом электромагнитных полей (ЭМП). Разбираются особенности влияния ЭМП различных частот на человека. Приводятся электрические параметры тканей человеческого организма. Изучаются также предельно допустимые уровни воздействия ЭМП на человека.

Основной формой обучения студента-заочника является самостоятельная работа над учебным материалом. Для облегчения этой работы организуются чтение лекций и практические занятия. Поэтому процесс изучения курса состоит из следующих этапов:

- 1) проработка установочных и обзорных лекций;
- 2) самостоятельная работа над учебниками и учебными пособиями;
- 3) выполнение контрольных работ;
- 4) сдача зачетов и экзаменов.

При самостоятельной работе над учебным материалом необходимо:

изучать курс систематически в течение всего учебного процесса;

составить конспект, в котором выделить основные законы и формулы, определения основных физических величин и понятий.

Контрольные работы призваны закрепить усвоение теоретической части каждого раздела программы. Решенные задачи представляют на рецензию. При наличии ошибок в решениях рецензия позволяет правильно завершить решение контрольных работ.

В контрольную работу включены задачи на определение характеристик электромагнитных излучений (плотности потока энергии, напряженности электромагнитных полей, безопасных расстояний, расстояния проникновения электромагнитных полей внутрь материала). Контрольная работа включает четыре задания. Четвертое задание посвящено особенностям защиты и нормам воздействия электромагнитных полей.

Определение варианта задания проводится по специальной таблице в соответствии с последней цифрой учебного шифра. Например, если последняя цифра шифра студента 7, то в каждой контрольной работе студент решает задачи: 7, 17, 27, 37.

При выполнении контрольных работ необходимо выполнять следующие правила:

1. На титульном листе указывать номер контрольной работы, наименование дисциплины, фамилию и инициалы студента, шифр и домашний адрес.

2. Контрольную работу следует выполнять аккуратно, оставляя поля для замечаний рецензента.

3. Задачи своего варианта переписывать полностью и делать краткую запись условий задачи. Числовые значения всех физических величин, взятых из условия задачи или из таблиц, представлять в системе СИ.

4. Для пояснения решения задачи, если это возможно, сделать чертеж.

5. Решения должны сопровождаться пояснениями, в них необходимо указывать основные законы и формулы, на которых основывается решение.

6. При указании расчетной формулы приводить ее вывод.

7. Решение задач рекомендуется делать в общем виде, т.е. в буквенных обозначениях, поясняя их значение.

8. Проверить размерность полученной формулы.

9. Вычисления следует выполнять, подставляя заданные числовые значения физических величин только в расчетную формулу.

10. Значения физических констант и другие справочные данные следует брать из таблиц. Расчеты выполняют с учетом правил приближенных вычислений, которые приводятся в данных методических указаниях.

11. В конце контрольной работы указать использованные учебники.

12. Контрольные работы, выполненные без указанных правил, не засчитываются. При возврате работы на повторное рецензирование необходимо присылать работу с рецензией.

Таблица вариантов

Вариант	Номера задач				
1	1	11	21	31	41
2	2	12	22	32	42
3	3	13	23	33	43
4	4	14	24	34	44
5	5	15	25	35	45
6	6	16	26	36	46
7	7	17	27	37	47
8	8	18	28	38	48
9	9	19	29	39	49
10	10	20	30	40	50

Сведения о приближенных вычислениях

При решении задач числовые значения, с которыми придется иметь дело, большей частью являются приближенными. Задачи с приближенными данными следует решать, учитывая правила приближенных вычислений.

Правила приближенных вычислений состоят в следующем.

1. Учитывать количество значащих цифр, необходимых для соблюдения определенной точности вычислений. Значащими называют все цифры, кроме нуля, а также нуль в двух случаях: а) когда он стоит между значащими цифрами; б) когда он стоит в конце числа и известно, что единицы соответствующего разряда в данном числе нет. Например:

1603 – четыре значащих цифры;

1,03 – три значащих цифры;

1,00 – три значащих цифры;

0,00103 – три значащих цифры.

2. Поскольку с помощью вычислений получить результат более точный, чем исходные данные, невозможно, то достаточ-

но проводить вычисления с числами, содержащими не более знаков, чем в исходных данных.

3. При сложении или вычитании приближенных чисел, имеющих различную точность, более точное должно быть округлено до точности менее точного. Например:

$$9,6 + 0,176 = 9,6 + 0,2 = 9,8:$$

$$100,8 - 0,427 = 100,8 - 0,4 = 100,4.$$

4. При умножении и делении следует в полученном результате сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет приближенное данное с наименьшим количеством значащих цифр. Например:

$$0,637 \cdot 0,023 = 0,0132, \text{ но не } 0,0132496;$$

$$6,32 : 3 = 2, \text{ но не } 2,107.$$

5. При возведении в квадрат или куб нужно сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет возводимое в степень число. Например:

$$1,25^2 = 1,56, \text{ но не } 1,5625;$$

$$1,01^3 = 1,03, \text{ но не } 1,030301.$$

6. При извлечении квадратного и кубического корней в результате нужно сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет подкоренное число. Например:

$$10^{1/2} = 3,1, \text{ но не } 3,162;$$

$$10^{1/3} = 2,1, \text{ но не } 2,154.$$

7. При вычислении сложных выражений соблюдаются правила в зависимости от вида производимых действий.

8. Когда число мало отличается от единицы, можно пользоваться ниже приведенными приближенными формулами.

Если a, b, c малы по сравнению с единицей (меньше 0,1), то:

$$(1 \pm a) \cdot (1 \pm b) \cdot (1 \pm c) = 1 \pm a \pm b \pm c;$$

$$(1 \pm a)^{1/2} = 1 \pm a/2; (1 \pm a)^n = 1 \pm na;$$

$$1/(1 \pm a)^n = 1 \pm na;$$

$$e^a = 1 + a; \ln(1 \pm a) = \pm a - a^2/2.$$

Если угол меньше 5° и выражен в радианах, то в первом приближении можно принять $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha; \cos \alpha \approx 1$.

Соблюдая эти правила, студент сэкономит время на вычислениях при решении физических задач.

Основные законы и формулы

Напряженность электрического поля $E = F/q_1$

Связь между потенциалом φ и напряженностью поля $E = -\operatorname{grad} \varphi$

Сила тока $I = dq/dt$

Заряд, прошедший по проводнику $q = \int I(t) dt$

Связь магнитной индукции с напряженностью магнитного поля $B = \mu \mu_0 H$

Магнитная индукция в центре кругового тока $B = \mu \mu_0 I/2R$

Магнитная индукция поля созданного бесконечно длинным проводником с током на расстоянии R $B = \mu \mu_0 I/2\pi R$

созданного отрезком проводника с током $B = \mu \mu_0 I(\cos \alpha_1 - \cos \alpha)/4\pi d$ на расстоянии d

Закон электромагнитной индукции Фарадея $E = -N d\Phi/dt$

Объемная плотность энергии электромагнитного поля

$$w = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu \mu_0 H^2}{2} = \varepsilon \varepsilon_0 E^2 = \mu \mu_0 H^2$$

Связь между мгновенными значениями напряженностей электрического E и магнитного H полей электромагнитной волны

$$\sqrt{\varepsilon \varepsilon_0} E = \sqrt{\mu \mu_0} H$$

Плотность потока электромагнитной энергии

– вектор Умова – Пойтинга $S = [EH]$

Волновое сопротивление вакуума $\sqrt{\varepsilon_0 / \mu_0} = 120 \pi$.

Примеры решения задач

Пример 1. Считая, что на внешнее излучение уходит 5% мощности СВЧ-печи, определить безопасное расстояние, на котором можно находиться вблизи печи, если допустимая плотность потока энергии 10^3 мкВт/см^2 при работе печи не более 20 мин. СВЧ-печь считать за точечный источник излучения мощностью 1 кВт.

Дано:

$$S_0 = 10 \text{ мВт/см}^2 = 10 \text{ Вт/м}^2$$

$$h = 5\% = 0,05$$

$$P_0 = 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$$

Найти $r > r_0$.

Если считать печь точечным источником излучения, то энергия, приходящаяся на единицу площади в единицу времени (т.е. плотность потока энергии или плотность мощности) на расстоянии r , равна:

$$S(r) = \frac{\eta P_0}{4\pi r^2}.$$

При продолжительности воздействия излучения не более 20 мин. санитарные нормы ограничивают плотность потока энергии не более $S_0 = 10 \text{ Вт/м}^2$.

Это означает, что находиться около источника можно только на расстояниях, на которых модуль вектора излучения Умова – Пойнтинга (плотность потока энергии) будет меньше, чем S_0 .

$$S(r) < S_0.$$

$$S(r) = \frac{\eta P_0}{4\pi r^2};$$

$$S(r) = \frac{\eta P_0}{4\pi r^2} < S_0;$$

$$r > r_0 = \sqrt{\frac{\eta P_0}{4\pi S_0}}.$$

Проведем вычисления:

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,05 \cdot 10^3}{4 \cdot 3,14 \cdot 10}} = 0,63 \text{ м}.$$

Ответ: находиться можно только на расстояниях больших, чем

$$r > r_0 = 0,63 \text{ м}.$$

Пример 2. Предельно допустимое значение энергетической экспозиции воздействия электромагнитного излучения в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц составляет не более 200 мкВт·ч /см². Определить верхнюю границу напряженности электрического поля в электромагнитной волне при длительности воздействия не более 2 час.

Дано:

$$\text{ПДЭ} = 200 \text{ мкВт} \cdot \text{ч} / \text{см}^2 = 2 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$$

$$T = 2 \text{ ч}$$

Определить E .

Предельно допустимое значение энергетической экспозиции

$$\text{ПДЭ} = S_0 T,$$

где S_0 — вектор Умова–Пойнтинга или предельно допустимая плотность потока энергии;

T — время воздействия электромагнитного поля

Поэтому вектор Умова – Пойнтинга

$$S_0 = \text{ПДЭ} / T = (2 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2) / 2 \text{ ч} = 1 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Вектор Умова-Пойнтинга $S_0 = E H = E^2 \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0}$,

где $\sqrt{\epsilon_0 / \mu_0} = 120 \pi$ — волновое сопротивление вакуума.

$$E = \sqrt{\epsilon_0 / \mu_0} S_0 = \sqrt{120\pi \cdot S_0} = \sqrt{377 \cdot 1} = 19,2 \text{ В/м}$$

Ответ: верхняя граница допустимой напряженности электрического поля $E = 19,2 \text{ В/м}$.

Пример 3. Какой минимальной толщины должен быть медный экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,1 м в 100 раз?

$$\lambda = 0,1 \text{ м}$$

$$N = 100$$

Найти X .

Амплитуда нормально падающей электромагнитной волны, вошедшей в материал уменьшается в соответствии с законом

$$E = E_0 e^{-\delta x},$$

где $\delta = \sqrt{\omega\mu_0\sigma/2}$.

По условию задачи амплитуда должна измениться в 100 раз, т.е.

$$E/E_0 = e^{-\delta x} = 0,01.$$

Логарифмируя по основанию 10 обе части равенства, получаем:

$$-\delta x = \lg 0,01 = -2,$$

$$\text{или } x = 2/\delta = 2\sqrt{\omega\mu_0\sigma/2}$$

Значения μ и σ находим по табл. 2 приложения: $\mu \approx 1$, $\sigma_{\text{Cu}} = 6,41 \cdot 10^7$ (Ом·м)⁻¹,

$$\text{а } \omega = 2\pi c/\lambda = 2\pi \cdot 3 \cdot 10^8 / 0,1 = 18,8 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1},$$

тогда

$$x = 2/\delta = 2/\sqrt{\omega\mu_0\sigma/2} = \sqrt{8/\omega\mu_0\sigma} = \sqrt{8/18,8 \cdot 10^9 \cdot 6,41 \cdot 10^7 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = \\ = 10^{-6} \sqrt{2000/18,8 \cdot 6,41 \cdot 3,14} = 2,3 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

Ответ: толщина медного экрана для ослабления волны в два раза должна быть не менее $2,3 \cdot 10^{-6}$ м.

Контрольные задания

1. Считая, что на внешнее излучение уходит 10% мощности СВЧ-печи, определить безопасное расстояние, если при работе печи не более 1 ч предельная допустимая плотность энергии равна 200 мкВт/см². СВЧ-печь считать за точечный источник мощностью 1 кВт.

2. Считая, что на внешнее излучение уходит 10% мощности СВЧ-печи, определить безопасное расстояние, если при работе печи не более 20 мин предельная допустимая плотность энергии равна 1 мВт/см². СВЧ-печь считать за точечный источник мощностью 1 кВт.

3. Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля, создаваемого ТВ станциями на частоте 300 МГц,

составляет 2,5 В/м. Определить предельно допустимый уровень плотности потока энергии.

4. Считая, что на внешнее излучение уходит 5% мощности СВЧ-печи, определить безопасное расстояние, если при работе печи не более 20 мин предельная допустимая плотность энергии равна 1 мВт/см². СВЧ-печь считать за точечный источник мощностью 1 кВт.

5. Считая, что на внешнее излучение уходит 1% мощности СВЧ-печи, определить безопасное расстояние, если при работе печи не более 1 ч предельная допустимая плотность энергии равна 200 мкВт/см². СВЧ-печь считать за точечный источник мощностью 1 кВт.

6. Определить плотность потока энергии от магистральной радиостанции мощностью 30 кВт на расстоянии 30 м от антенны. Считать источник излучения точечным с круговой диаграммой направленности.

7. Вычислить плотность потока энергии на расстоянии 3 м от СВЧ-печи мощностью 1 кВт, если на внешнее излучение уходит 5% мощности. Принять СВЧ-печь за точечный источник мощностью 1 кВт.

8. Вычислить плотность потока энергии на расстоянии 2 м от СВЧ-печи мощностью 1 кВт, если на внешнее излучение уходит 5% мощности. Принять СВЧ-печь за точечный источник мощностью 1 кВт.

9. Определить плотность потока энергии от магистральной радиостанции мощностью 100 кВт на расстоянии 100 м от антенны. Считать источник излучения точечным с круговой диаграммой направленности.

10. Вычислить плотность потока энергии на расстоянии 2 м от СВЧ-печи мощностью 1 кВт, если на внешнее излучение уходит 10% мощности. Принять СВЧ-печь за точечный источник мощностью 1 кВт.

11. В России предельно допустимые уровни воздействия электромагнитного излучения в ближней зоне радиолокационных и телевизионных станций составляют не более 10 мкВт/см². Определить верхнюю границу напряженности электрического поля в электромагнитной волне.

12. В России предельно допустимые уровни воздействия электромагнитного излучения в диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц составляют не более 25 мкВт/см² при длительности воздействия 8 часов. Определить верхнюю границу напряженности электрического поля в электромагнитной волне.

13. Предельно допустимые уровни воздействия электромагнитного излучения телевизионных станций на частоте 48 МГц составляют 5 В /м. Определить плотность мощности соответствующей ЭМ волны.

14. Предельно допустимые уровни воздействия электромагнитного излучения телевизионных станций на частоте 88 МГц составляют 4 В /м. Определить плотность мощности соответствующей ЭМ волны.

15. Предельно допустимые уровни воздействия электромагнитного излучения телевизионных станций на частоте 192 МГц составляют 3 В /м. Определить плотность мощности соответствующей ЭМ волны.

16. Предельно допустимые уровни воздействия электромагнитного излучения телевизионных станций на частоте 300 МГц составляют 2,5 В /м. Определить плотность мощности соответствующей ЭМ волны.

17. Предельно допустимое значение энергетической экспозиции в России воздействия электромагнитного излучения в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц составляет не более 200 мкВт·ч /см². Определить верхнюю границу напряженности электрического поля в электромагнитной волне при длительности воздействия 8 ч.

18. Максимально допустимое значение воздействия электромагнитного излучения, создаваемого системами сотовой связи составляет не более 200 мкВт·ч /см² за рабочую смену. Определить верхнюю границу напряженности электрического поля в электромагнитной волне при длительности воздействия 8 ч.

19. Предельно допустимое значение энергетической экспозиции в России воздействия электромагнитного излучения в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц составляет не более 200 мкВт·ч /см². Определить верхнюю границу напряженности электрического поля в электромагнитной волне при длительности воздействия не более 4 ч.

20. Предельно допустимое значение энергетической экспозиции воздействия электромагнитного излучения в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц в России составляет не более 200 мкВт·ч /см². Определить верхнюю границу напряженности электрического поля в электромагнитной волне при длительности воздействия не более 4 ч.

21. Какой минимальной толщины должен быть медный экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 1 м в 10 раз?

22. Какой минимальной толщины должен быть алюминиевый экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 1 м в 10 раз?

23. Какой минимальной толщины должен быть медный экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,3 м в 10 раз?

24. Какой минимальной толщины должен быть алюминиевый экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,1 м в 10 раз?

25. Какой минимальной толщины должен быть медный экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,1 м в 10 раз?

26. Какой минимальной толщины должен быть алюминиевый экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,3 м в 10 раз?

27. Какой минимальной толщины должен быть стальной экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,3 м в 10 раз?

28. Какой минимальной толщины должен быть стальной экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,1 м в 10 раз?

29. Какой минимальной толщины должен быть стальной экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,3 м в 10 раз?

30. Какой минимальной толщины должен быть алюминиевый экран, чтобы ослабить нормально падающую электромагнитную волну с длиной волны 0,3 м в 100 раз?

31. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 2000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м.

32. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 4000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м.

33. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 8000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м.

34. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 6000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м.

35. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 10000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м.

36. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 2000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м, причем кабина машиниста находится под углом 45° от токосъемника.

37. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 4000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м, причем кабина машиниста находится под углом 45° от токосъемника.

38. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 6000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м, причем кабина машиниста находится под углом 45° от токосъемника.

39. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 8000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м.

40. Вычислить напряженность магнитного поля от силовой сети в кабине локомотива, работающего на переменном токе. Оценить плотность энергии магнитного поля. Считать: ток полубесконечным, напряжение в сети 3,6 кВ, мощность, развиваемая локомотивом на измеряемом участке, 10000 кВт, расстояние от силового провода до кабина машиниста 2 м.

Задания 41–50 представляют собой небольшие рефераты по предложенным вопросам.

41. Тепловое воздействие электромагнитных полей (ЭМП) на живые организмы.

42. Защита временем от ЭМП. Какие мероприятия необходимы для защиты временем от ЭМП?

43. Защита расстоянием от ЭМП. Какие мероприятия необходимы для защиты расстоянием от ЭМП?

44. Устройство датчиков ЭМП.

45. В чем смысл «информационного воздействия» ЭМ волн на живые организмы?

**Множители и приставки для образования десятичных кратных
и дольных единиц и их наименования**

Приставка			Приставка		
Название	Обозначение	Множитель	Название	Обозначение	Множитель
Экса	Э	10^{18}	деци	д	10^{-1}
Пэта	П	10^{15}	санتي	с	10^{-2}
Тера	Т	10^{12}	милли	м	10^{-3}
Гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
Мега	М	10^6	нано	н	10^{-9}
Кило	К	10^3	пико	п	10^{-12}
Гекто	г	10^2	фемто	ф	10^{-15}
Дека	дк	10^1	атто	а	10^{-18}

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

- Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П. Основы электромагнитной экологии. — М.: Радио и связь. 2000.
- Кузнецов А.Н. Биофизика электромагнитных воздействий. — М.: Энергоатомиздат. 1994.
- Бузов А.Л., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная экология. Основные понятия и нормативная база. — М.: Радио и связь. 1999.
- Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера. — М.: Изд. Дом «Ноосфера». 2001.

Дополнительная

- Кирикова О.В., Переездчиков И.В. Защита от электромагнитных полей. — М.: Издательство МГТУ. 1992.
- Колечик и Е.С. Защита от биологического действия электромагнитных полей промышленной частоты. — М.: Издательство МЭИ. 1996.
- Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Санитарные нормы и правила. СанПиН 2.2.4/2.1.8.0-96. — М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
- Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системами сотовой связи. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.8/2.2.4.019-94. — М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1994.
- Санитарные нормы дифференцированных по частоте предельно допустимых уровней для населения электромагнитного поля (ОВЧ-

46. Реакция организма на ЭМП.

47. Мероприятия, необходимые для предупреждения и ранней диагностики нарушений в организме человека вследствие воздействия ЭМП.

48. В каких случаях осуществляется перевод работающих под действием ЭМП на другую работу?

49. Каковы требования к размещению передающих радиотехнических объектов?

50. Каковы меры защиты работающих от воздействия ЭМП радиочастотного диапазона?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая величина	Обозначение	Числовое значение
Гравитационная постоянная	G	$6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$
Постоянная Авогадро	N_A	$6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	8.31 Дж/моль К
Постоянная Больцмана	k	$1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Элементарный заряд	e	$1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса покоя электрона	m_e	$9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Скорость света в вакууме	c	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Планка	h	$6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
- " -	h	$1.05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Таблица 2

Проводимость материалов электромагнитных экранов

Материал	Проводимость, $\sigma \cdot 10^{-7}$, (Ом·м) ⁻¹	Магнитная проницаемость, μ
Медь	6.41	~ 1
Алюминий	4.08	~ 1
Сталь	1.15	~ 1000

диапазона волн), создаваемого телевизионными станциями (СН №4262-87). — М.: Минздрав СССР, 1987.

10. Определение уровней электромагнитного поля, границ санитарно-защитной зоны и зон ограничения застройки в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и дециметрового диапазонов. МУК 4.3.044.-96.—М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.

11. Определение уровней электромагнитного поля в местах размещения передающих средств телевидения и ЧМ-вещания. МУК 4.3.045.-96. — М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.

12. Определение уровней электромагнитного поля в местах размещения передающих средств и объектов сухопутной подвижной радиосвязи ОВЧ и УВЧ диапазонов. МУК 4.3.046.-96.—М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.

13. Д а в ы д о в Б.И., Т и х о н ч у к В.С., А н т и п о в С.В. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. — М.: Энергоатомиздат, 1984.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор *В.И. Чучева*
Компьютерная верстка *Н.Ф. Цыганова*

Тип. зак.	Изд. зак. 340	Тираж 800 экз.
Подписано в печать 08.07.04	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,25		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

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

Типография РГОТУПС, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2