

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра БЖД

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №5
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
Тема: Исследование защиты человека от воздействия СВЧ-излучения

| | | |
|------------------|-------|---------------|
| Студент гр. 8383 | _____ | Колмыков В.Д. |
| Студент гр. 8383 | _____ | Степанов В.Д. |
| Студент гр. 8383 | _____ | Шишкин И.В. |
| Преподаватель | _____ | Овдиенко Е.Н. |

Санкт-Петербург

2021

ПРОТОКОЛ

Протокол наблюдений
для лабораторной работы №5

14.10.2021

~~Шиликин И.В.~~

~~Колмогоров В.Д.~~

~~Степанов В.Д.~~

| | | | | | | |
|------------------------------------|------|-----|------|-----|------|-----|
| Расстояние, см | 5 | 5,8 | 6,9 | 7,8 | 9,1 | 9,8 |
| Мощность, мВт | 0,88 | 1 | 0,37 | 1 | 0,36 | 1 |
| Мощность, мВт (в обратную сторону) | 0,70 | 1 | 0,55 | 1 | 0,65 | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Расстояние, см | 10,1 | 11,8 | 12,8 | 13,7 | 14,9 | 15,6 | 16,6 | 17,6 | 18,8 | 19,5 |
| Мощность, мВт | 0,35 | 0,92 | 0,34 | 0,33 | 0,31 | 0,65 | 0,29 | 0,44 | 0,25 | 0,36 |
| Мощность, мВт | 0,81 | 1 | 0,38 | 0,81 | 0,35 | 0,70 | 0,30 | 0,45 | 0,27 | 0,34 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Расстояние, см | 20,6 | 21,5 | 22,5 | 23,3 | 24,4 | 25,1 | 26,4 | 27,1 | 28,1 | 29 | 30,2 |
| Мощность, мВт | 0,22 | 0,32 | 0,18 | 0,27 | 0,16 | 0,24 | 0,13 | 0,21 | 0,11 | 0,17 | 0,09 |
| Мощность, мВт | 0,23 | 0,32 | 0,21 | 0,22 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,19 | 0,12 | 0,16 | 0,1 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Расстояние, см | 35,2 | 40,2 | 45,2 | 50,2 | 55,2 | 60,2 | 65,2 | 70,2 | 75,2 | 80,2 |
| Мощность, мВт | 0,09 | 0,09 | 0,055 | 0,045 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,022 | 0,02 | 0,019 |
| Мощность, мВт | 0,089 | 0,081 | 0,058 | 0,058 | 0,04 | 0,031 | 0,027 | 0,021 | 0,022 | 0,019 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|
| Угол поворота ° | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| Мощность Вт | 0,12 | 0,11 | 0,09 | 0,07 | 0,035 | 0,015 | 0,009 | 0,005 | | |
| Мощность Вт | 0,11 | 0,1 | 0,081 | 0,055 | 0,02 | 0,01 | 0,008 | 0,005 | | |

Расстояние 30,7 см

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| Вс | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Мощ. | 0,11 | 0,001 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,15 | 0,009 | 0,065 | 0,001 | 0,01 | 0,03 |

0 0

| 0° | 90° | 180° | 270° |
|-----------|------------|-------------|-------------|
| 0,05; | 0,05; | 0,00; | 0,00 |
| 0,01; | 0,00; | 0,01; | 0,01 |

Исследование зависимости уровня облучения от расстояния до источника

Были исследованы зависимости уровня облучения от расстояния до источника. Результаты исследования уровня облучения от расстояния до источника в ближней и переходных зонах ($L < 30$ см.) представлены в таблице 1. Результаты исследования уровня облучения от расстояния до источника в дальней зоне ($L = 30 \dots 90$ см.) представлены в таблице 2.

Таблица 1 - Исследование зависимости уровня облучения от расстояния до источника в ближней и переходных зонах

| | | | | | | |
|----------|------|-----|-------|-----|------|-----|
| L, см | 5 | 5,8 | 7,9 | 7,8 | 9,1 | 9,8 |
| P1, мВт | 0,88 | 1 | 0,37 | 1 | 0,36 | 1 |
| P2, мВт | 0,7 | 1 | 0,72 | 1 | 0,64 | 1 |
| Pcp, мВт | 0,79 | 1 | 0,545 | 1 | 0,5 | 1 |

| | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|
| L, см | 10,1 | 11,8 | 12,8 | 13,7 | 14,9 | 15,6 | 16,6 | 17,6 | 18,8 | 19,5 |
| P1, мВт | 0,35 | 0,92 | 0,34 | 0,83 | 0,31 | 0,65 | 0,29 | 0,44 | 0,25 | 0,36 |
| P2, мВт | 0,81 | 1 | 0,38 | 0,81 | 0,35 | 0,7 | 0,3 | 0,45 | 0,27 | 0,34 |
| Pcp, мВт | 0,58 | 0,96 | 0,36 | 0,82 | 0,33 | 0,675 | 0,295 | 0,445 | 0,26 | 0,35 |

| | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| L, см | 20,6 | 21,5 | 22,5 | 23,3 | 24,4 | 25,1 | 26,4 | 27,1 | 28,1 | 29 |
| P1, мВт | 0,22 | 0,32 | 0,18 | 0,27 | 0,16 | 0,24 | 0,13 | 0,21 | 0,11 | 0,17 |
| P2, мВт | 0,23 | 0,32 | 0,21 | 0,22 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,19 | 0,12 | 0,16 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|------|-------|-------|------|-----|-------|-----|-------|-------|
| P_{cp} , мВт | 0,225 | 0,32 | 0,195 | 0,245 | 0,17 | 0,2 | 0,135 | 0,2 | 0,115 | 0,165 |
|-------------------|-------|------|-------|-------|------|-----|-------|-----|-------|-------|

Таблица 2 - Исследование зависимости уровня облучения от расстояния до источника в дальней зоне

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|-------|-------|
| L, см | 35,2 | 40,2 | 45,2 | 50,2 | 55,2 | 60,2 | 65,2 | 70,2 | 75,2 | 80,2 |
| P1, мВт | 0,09 | 0,09 | 0,055 | 0,045 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,022 | 0,02 | 0,019 |
| P2, мВт | 0,089 | 0,081 | 0,058 | 0,058 | 0,04 | 0,031 | 0,027 | 0,021 | 0,022 | 0,019 |
| P_{cp} , мВт | 0,0895 | 0,0855 | 0,0565 | 0,0515 | 0,04 | 0,0305 | 0,0285 | 0,0215 | 0,021 | 0,019 |

Зависимость измеренной мощности излучения от расстояния см. на рис.

1.

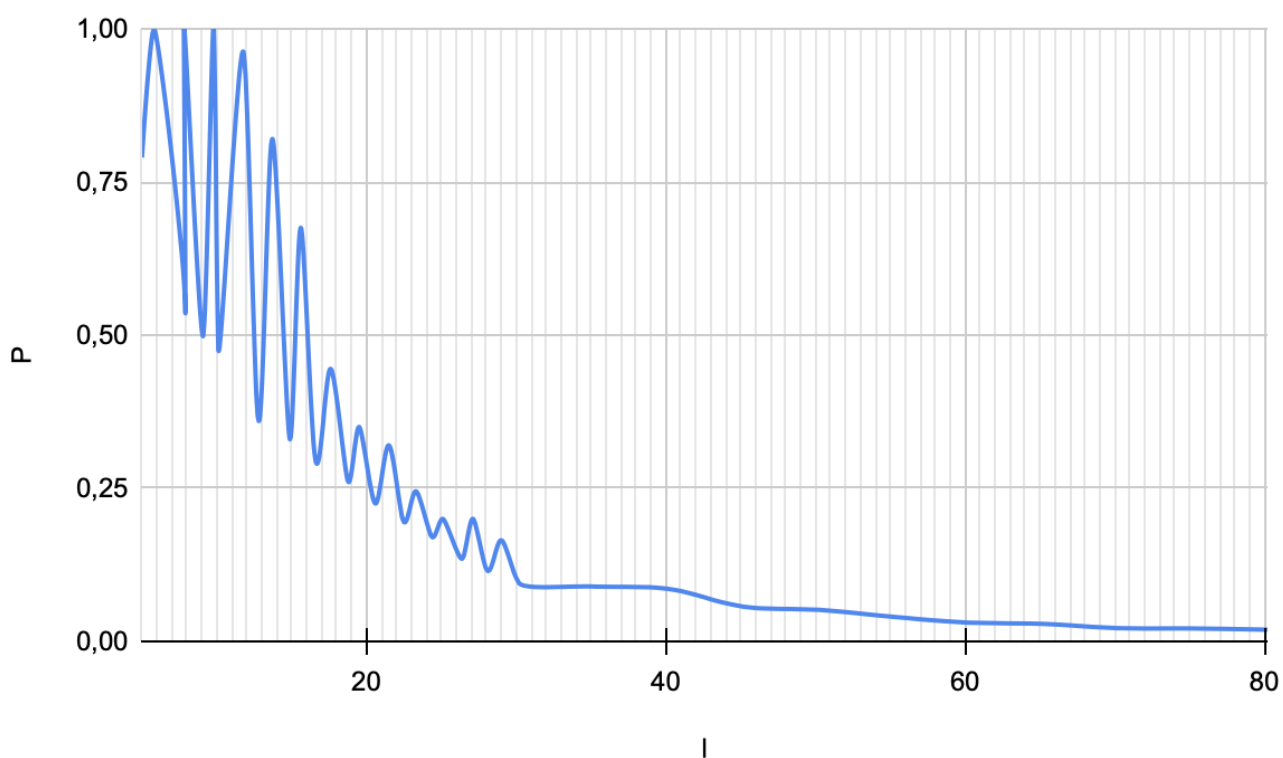


Рисунок 1 - Зависимость мощности излучения от расстояния до источника

Для точек в дальней зоне был произведён расчёт плотности потока энергии теоретической ($\text{ППЭ}_T = \frac{P_{\Gamma} G_{\Pi}}{4\pi l^2} F^2$, где P_{Γ} - выходная мощность генератора, $G_{\Pi} = 10 \lg \frac{P_{\text{экв}}}{P}$ - коэффициент усиления антенны, F - коэффициент искажения, учитывающий реальные условия облучения) и экспериментальной ($\text{ППЭ}_Э = \frac{P_{\text{пр}}}{S_{\text{эф}}}$, где $P_{\text{пр}}$ - мощность излучения, $S_{\text{эф}} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{\text{пр}}$ - эффективная площадь приемной антенны, λ - длина волны СВЧ-излучения в воздухе, $G_{\text{пр}}$ - коэффициент усиления передающей и приемной антенны) на расстоянии l от источника.

Для данной работы в используемом макете примем:

$$G_{\text{пр}} = G_{\Pi} = 55;$$

$F = 1$ - этот коэффициент - сложная колеблющаяся функция расстояния между антеннами;

$$P_{\Gamma} = 4 \text{ мВт};$$

$$\lambda = 3 \text{ см};$$

$$S_{\text{эф}} = \frac{9}{4\pi} * 55 = 39.4 \text{ см}^2.$$

Таблица 3 - Расчет плотности потока энергии в дальней зоне излучения антенны

| $l, \text{ см}$ | $\text{ППЭ}_T, \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$ | $\text{ППЭ}_Э, \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$ |
|-----------------|---|---|
| 35,20 | 14,14 | 2,27 |
| 40,20 | 10,84 | 2,17 |
| 45,20 | 8,57 | 1,43 |
| 50,20 | 6,95 | 1,31 |
| 55,20 | 5,75 | 1,02 |
| 60,20 | 4,83 | 0,77 |
| 65,20 | 4,12 | 0,72 |
| 70,20 | 3,55 | 0,55 |
| 75,20 | 3,10 | 0,53 |
| 80,20 | 2,72 | 0,48 |

Выводы.

График является затухающим из-за отдаления приемника и колеблющимся из-за функции F - сложная колеблющаяся функция расстояния между антеннами, она учитывает интерференцию лучей от антенны и отраженных от окружающих предметов лучей.

Колебания на расстоянии примерно от 5 до 10 см не сходятся с теоретическими, так как прибор рассчитан на измерения не более 1 мВт.

$ППЭ_T$ получился примерно в 5-10 раз больше, чем $ППЭ_э$. Это можно объяснить тем, что при расчете теоретического значения мы приняли коэффициент искажений, который учитывает реальные условия облучения, равным 1.

Диаграмма направленности антенны

Была снята диаграмма направленности антенны. Результаты представлены в таблице 4. Измерение происходило на расстоянии от источника $L = 30,7$ см. Для полученных значений был построен график зависимости мощности излучения от угла поворота антенны (см. рис. 2).

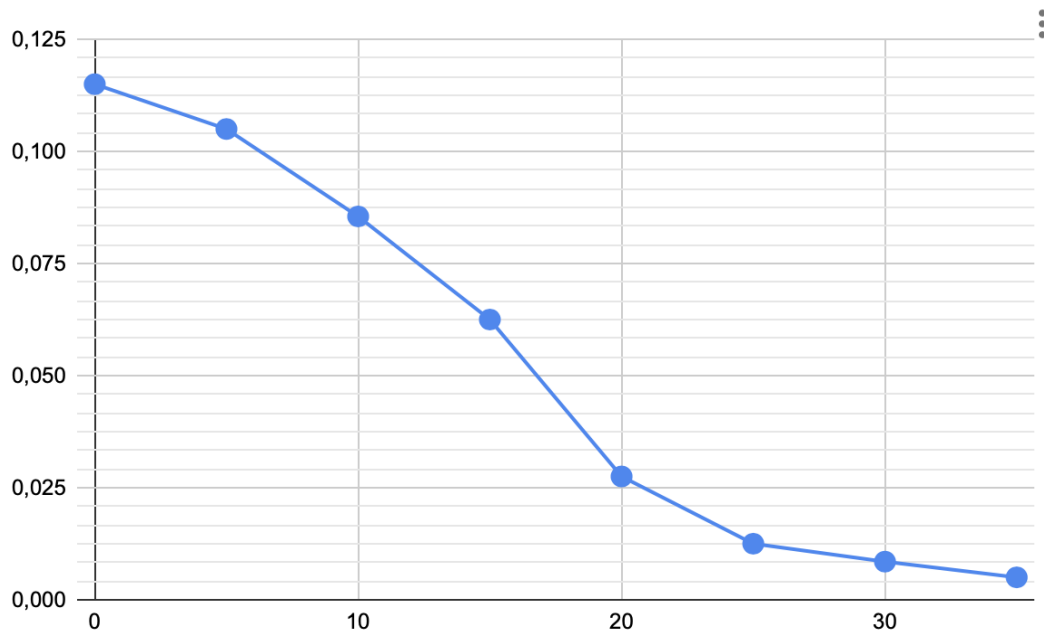


Рисунок 2 - Зависимость мощности излучения от поворота антенны на расстоянии от источника 30,7 см.

Таблица 4 - Исследование диаграммы направленности антенны

| Угол, ° | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|----------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| P_1 , мВт | 0,12 | 0,11 | 0,09 | 0,07 | 0,035 | 0,015 | 0,009 | 0,005 |
| P_2 , мВт | 0,11 | 0,1 | 0,081 | 0,055 | 0,02 | 0,01 | 0,008 | 0,005 |
| P_{cp} , мВт | 0,115 | 0,105 | 0,0855 | 0,0625 | 0,0275 | 0,0125 | 0,0085 | 0,005 |

Выводы.

С помощью диаграммы можно увидеть зависимость мощности излучения от поворота антенны. При увеличении угла поворота, уменьшается мощность излучения. Это можно объяснить тем, что меньше электромагнитных волн попадают на приемник.

Исследование защитных свойств экранов из различных материалов

Были исследованы защитные свойства экранов из различных материалов. Измерения мощности происходили на расстоянии $L = 30,7$ см от источника. Мощность излучения без защитного экрана $P_{без} = 0,11$ мВт. Для защитных экранов был рассчитан коэффициент экранирования излучения. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Исследование свойств защитных экранов из различных материалов

| Материал экрана | P_L мВт | $K_{экд} = P_{без} / P_{сд}$ |
|---------------------------------|-----------|------------------------------|
| Медная сетка (Мелкая) | 0,001 | 110,00 |
| Защитная ткань 1 | 0,002 | 55,00 |
| Защитная ткань 2 | 0,005 | 22,00 |
| Медная сетка (Средняя) | 0,002 | 55,00 |
| Медная сетка (Крупная) | 0,056 | 1.96 |
| Резина простая механизированная | 0,009 | 12,22 |

| | | |
|--------------------------------|-------|--------|
| Стекло | 0,065 | 1,69 |
| Кювета из оргстекла с водой | 0,001 | 110,00 |
| Резина со сложной поверхностью | 0,010 | 11,00 |
| Резина | 0,030 | 3,67 |

Наиболее эффективными оказались экраны из мелкой и средней медной сетки, кюветы из оргстекла с дистиллированной водой, а также защитная ткань 1.

Выводы.

Существуют поглощающие и отражающие защитные экраны.

Отражающие экраны изготавливают из электропроводных материалов с сетчатой структурой. Под воздействием поля в материале экрана возникают вихревые токи, которые наводят поле противоположное экранируемому, и поля компенсируются.

Поглощающие экраны изготавливаются из диэлектриков. При прохождении электромагнитной волны через поглощающую среду волна теряет часть энергии (затухает).

В нашем эксперименте в качестве поглощающих используется ткань, резина, стекло, кювета из оргстекла. В качестве отражающих - медная сетка.

Исследование электромагнитных полей, создаваемых сотовыми системами радиосвязи

Были произведены исследования электромагнитного поля, создаваемого мобильным телефоном. Результаты представлены в таблице 6. Расстояние между телефоном и измерительным прибором составляло 37 см. Измерения проводились 2 раза с разными моделями телефонов. Соотношение показаний микроамперметра и соответствующей плотности потока энергии: $1 \text{ мкА} = 0,35 \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$.

Таблица 6 - Исследование электромагнитного поля телефона

| | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Угол, ° | 0 | 90 | 180 | 270 |
| I_1 , мкА | 0,01 | 0,05 | 0 | 0 |
| $ППЭ_1, \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$ | 0,0035 | 0,0175 | 0 | 0 |
| I_2 , мкА | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 |
| $ППЭ_2, \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$ | 0,0035 | 0 | 0,0035 | 0,0035 |

Выводы.

Все телефоны в нашем эксперименте удовлетворяют предельно допустимым значениям ППЭ для телефонов (до $100 \frac{\text{мкВт}}{\text{см}^2}$). Наибольшее значение ППЭ у разных телефонов зафиксировано с разными углами. В некоторых углах поворота электромагнитные волны в целом не были зафиксированы. Скорее всего, это связано с тем, что волны были направлены вверх, либо значения энергии были настолько малы, что устройство не зафиксировало их.