

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

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

Студент гр.8382	_____	Нечепуренко Н.А.
Студент гр.8382	_____	Мирончик П.Д.
Студент гр.8382	_____	Терехов А.Е.
Преподаватель	_____	Овдиенко Е.Н.

Санкт-Петербург

2021

ПРОТОКОЛ

Протокол измерений
Лабораторная работа №5

Исследование защиты человека от
воздействия СВЧ излучения

исследование зависимости уровня облучения от
расстояния от источника

Расст., м	5	6,6	7,1	8,8	9,6	10,8	11,5	13,0	13,2	14,9	15,8	16,8	17,6	18,8
Мощн., мВт	1	0,3	1	0,29	0,97	0,35	0,8	0,28	0,5	0,21	0,48	0,18	0,34	0,15
Мощн., мВт	1	0,35	1	0,34	1	0,335	0,75	0,31	0,6	0,23	0,5	0,21	0,36	0,18

19,7	20,8	21,8	22,7	23,6	24,7	25,6	26,7	27,5	28,6	29,4	30	35	40	45
0,29	0,13	0,23	0,11	0,2	0,1	0,17	0,08	0,15	0,08	0,12	0,08	0,08	0,05	0,05
0,31	0,15	0,25	0,12	0,23	0,1	0,18	0,09	0,15	0,08	0,13	0,085	0,08	0,05	0,06

50	55	60	65	70	75	80
0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
0,03	0,035	0,02	0,025	0,02	0,02	0,02

диаграмма направленности антенны (расст. = 26,5 см)

Угол поворота, °	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Мощность, мВт	0,095	0,09	0,07	0,04	0,01	0	0	0	0
Мощность, мВт	0,1	0,09	0,07	0,04	0,01	0	0	0	0

исследование защитных свойств экранов из различных
материалов (расст. = 26,5 см)

Тип экрана	Чит	Резина со слонн. пов.	Резина	Медная сетка (стерж.)	Резина прорезина, медно-свинцовая
Мощность, мВт	0,095	0	0,02	0,01	0
Мощность, мВт	0,1	0	0,015	0,01	0

Защитн. экран	Защитн. экран 2	Отрастало	Отрастало с борд	Медн. сетка (кр.)	Медн. сетка (мел.)
0,01	0,04	0,06	0	0,14	0
0,01	0,05	0,055	0	0,16	0

излучение телефона (начинаю с экрана, по часовой стрелке по 90°)

Мощность, мВт	0,35	15	25	0
---------------	------	----	----	---

пр. 8382

Ильинский Павел

09.03.21

Исследование зависимости уровня облучения от расстояния до источника.

Для каждого уровня расстояния значение мощности было измерено дважды, первая строка содержит последовательность значений, полученных удалением приемника от генератора, а вторая – при движении приемника обратно в направлении к генератору. Для практического расчета значений плотности потока энергии воспользуемся формулами ниже

$$\text{ППЭ}_\text{э} = \frac{P_{\text{пр}}}{S_{\text{эф}}}$$

где $P_{\text{пр}}$ – измеренное значение мощности, $S_{\text{эф}}$ – эффективная площадь приемной антенны, которую можно вычислить по формуле

$$S_{\text{эф}} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{\text{пр}}$$

В данной работе коэффициент усиления приёмной и передающей антенн $G_{\text{п}} = G_{\text{пр}} = 55$. Длина волны СВЧ-излучения в воздухе $\lambda = 3\text{см}$.

Рассчитаем значение плотность потока энергии для каждого измеренного значения длины (см. табл. 1).

Таблица 1 – Плотность потока энергии от расстояния

$l, \text{см.}$	$P_{\text{пр1}}, \text{мВт}$	$P_{\text{пр2}}, \text{мВт}$	$\text{ППЭ}_{\text{э1}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$\text{ППЭ}_{\text{э2}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
5.0	1.00	1.000	0.253866	0.253866
6.6	0.30	0.350	0.076160	0.088853
7.1	1.00	1.000	0.253866	0.253866
8.8	0.29	0.340	0.073621	0.086314
9.6	0.97	1.000	0.246250	0.253866
10.8	0.35	0.335	0.088853	0.085045

11.5	0.80	0.750	0.203093	0.190400
13.0	0.28	0.310	0.071083	0.078698
13.8	0.50	0.600	0.126933	0.152320
14.9	0.21	0.230	0.053312	0.058389
15.8	0.45	0.500	0.114240	0.126933
16.8	0.18	0.210	0.045696	0.053312
17.6	0.34	0.360	0.086314	0.091392
18.8	0.15	0.180	0.038080	0.045696
19.7	0.29	0.310	0.073621	0.078698
20.8	0.13	0.150	0.033003	0.038080
21.8	0.23	0.250	0.058389	0.063467
22.7	0.11	0.120	0.027925	0.030464
23.6	0.20	0.230	0.050773	0.058389
24.7	0.10	0.100	0.025387	0.025387
25.6	0.17	0.180	0.043157	0.045696
26.7	0.09	0.090	0.022848	0.022848
27.5	0.15	0.150	0.038080	0.038080
28.6	0.08	0.080	0.020309	0.020309
29.4	0.12	0.130	0.030464	0.033003
30.0	0.08	0.085	0.020309	0.021579
35.0	0.08	0.080	0.020309	0.020309
40.0	0.05	0.050	0.012693	0.012693
45.0	0.05	0.060	0.012693	0.015232
50.0	0.03	0.030	0.007616	0.007616
55.0	0.04	0.035	0.010155	0.008885

60.0	0.02	0.020	0.005077	0.005077
65.0	0.02	0.025	0.005077	0.006347
70.0	0.02	0.020	0.005077	0.005077
75.0	0.02	0.020	0.005077	0.005077
80.0	0.02	0.020	0.005077	0.005077

Усредним полученные экспериментально значения плотности потока энергии и отобразим на графике зависимость от расстояния (см. рис. 1).

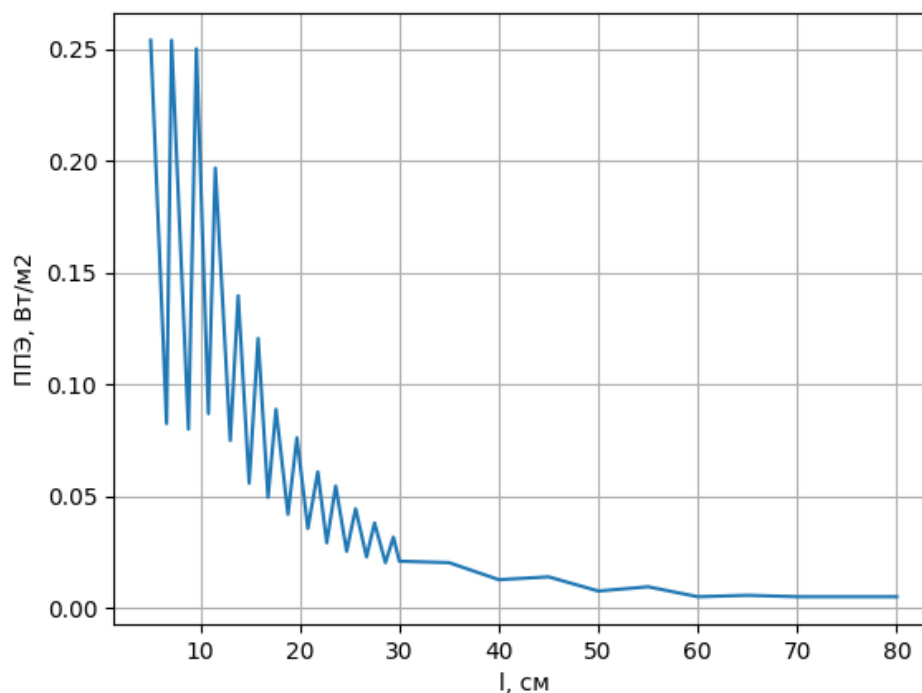


Рисунок 1 – Экспериментальная зависимость ППЭ от расстояния

Пространство около излучающей антенны условно делится на ближнюю, переходную и дальнюю зоны. В данной работе границы равны 9 и 27 см соответственно. Теоретический вид зависимости представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Теоретический вид зависимости ППЭ от расстояния

В промежуточной зоне наблюдается сложный характер зависимости напряженностей электромагнитного и магнитного полей от расстояния. На рисунке 1 при значении расстояния до примерно 30 см график рваный, сильно осциллирующий. При переходе в дальнюю зону график становится более гладким.

В целом, характер полученной экспериментальным методом зависимости совпадает с теоретической (рисунки 1 и 2).

Проведем расчет плотности потока энергии для собранных данных с использованием теоретической формулы

$$\text{ППЭ}_T = \frac{P_r G_n}{4\pi l^2} F^2$$

где $P_r = 4\text{мВт}$ – выходная мощность генератора, F – коэффициент искажения. В первом приближении примем F равным 1.

Проведем расчет для l от 30 см, т.е. в дальней зоне. Результат приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Теоретическая плотность потока энергии от расстояния для дальней зоны

l , см.	ППЭ _т , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
30.0	0.194523
35.0	0.142915
40.0	0.109419
45.0	0.086455
50.0	0.070028
55.0	0.057875
60.0	0.048631
65.0	0.041437
70.0	0.035729
75.0	0.031124
80.0	0.027355

График зависимости ППЭ_т от расстояния приведен на рисунке 3.

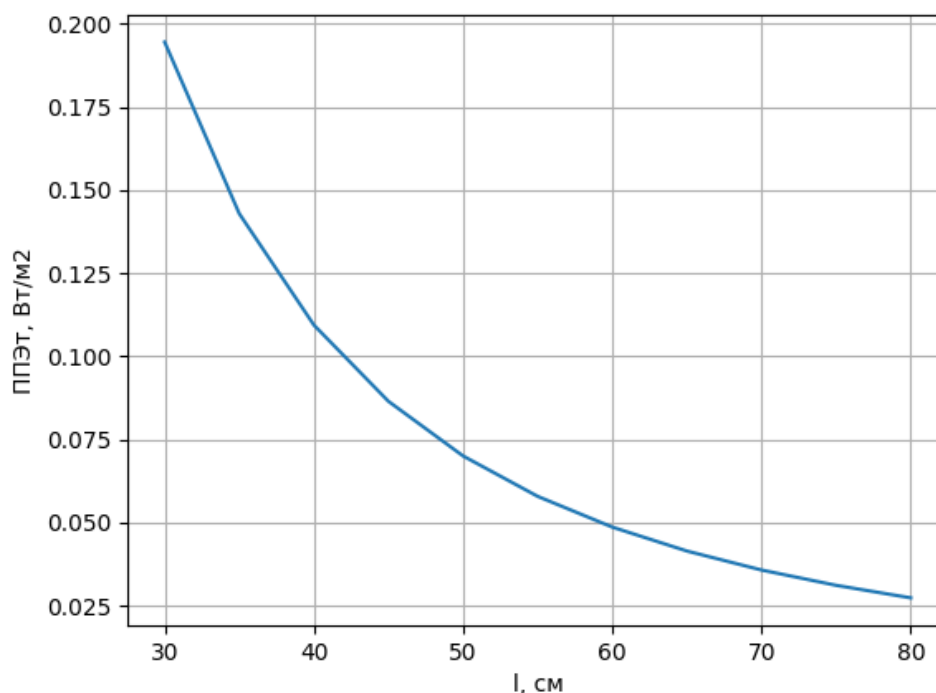


Рисунок 3 – Теоретическая зависимость ППЭ от расстояния

Теоретические значения расходятся со значениями, полученными экспериментально, примерно на 1 порядок. Это может быть связано с выбором коэффициента искажения и коэффициента усиления передающей и приемной антенн, которые были выбраны константными, но на самом деле, могут иметь более сложную зависимость от расстояния.

Снятие диаграммы направленности.

Приемник был закреплен на расстоянии 26.5 см.

Зависимость мощности от угла поворота представлена на рисунке 4. В качестве мощности выбрано среднее из двух измерений для соответствующего угла.

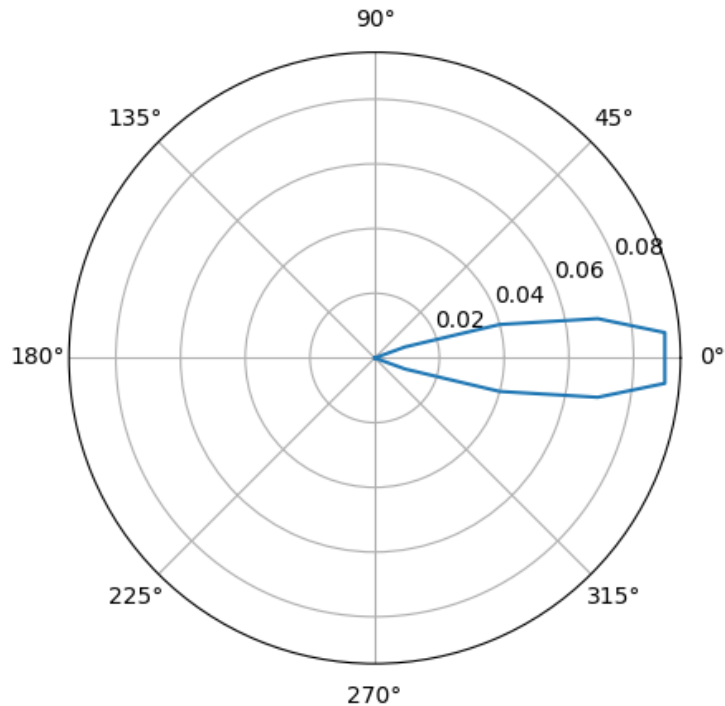


Рисунок 4 – Диаграмма направленности антенны

Заметим, что при выборе угла в 25 градусов, мощность равна нулю. Так как генератор однонаправленный, то для избежания воздействия излучения достаточно отойти от источника на угол, превышающий 25 градусов.

Исследование защитных свойств экранов из различных материалов.

Приемник был закреплен на расстоянии 26.5 см.

Вычислим среднее арифметическое измеренных мощностей, коэффициент ослабления/экранирования излучения разными экранами по формуле

$$K_{\text{экр}} = \frac{P_{\text{б.экр.}}}{P_{\text{экр.}}}$$

где $P_{\text{б.экр.}}$ – измеренная мощность излучения без экрана, $P_{\text{экр.}}$ – мощность излучения с экраном.

Результаты вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Защитные свойства экранов из различных материалов

Тип экрана	$P_{\text{пр1}}, \text{ мВт}$	$P_{\text{пр2}}, \text{ мВт}$	$P_{\text{ср.}}, \text{ мВт}$	$K_{\text{экp}}$
Без экрана	0.095	0.100	0.0975	1.000000
Резина (сложная поверхность)	0.000	0.000	0.0000	$\rightarrow \infty$
Резина	0.020	0.015	0.0175	5.571429
Медная сетка (средн.)	0.010	0.010	0.0100	9.750000
Резина механизированная	0.000	0.000	0.0000	$\rightarrow \infty$
Защитная ткань 1	0.010	0.010	0.0100	9.750000
Защитная ткань 2	0.040	0.050	0.0450	2.166667
Оргстекло	0.060	0.055	0.0575	1.695652
Оргстекло с водой	0.000	0.000	0.0000	$\rightarrow \infty$
Медная сетка (кр.)	0.140	0.160	0.1500	0.650000
Медкая сетка (мелк.)	0.000	0.000	0.0000	$\rightarrow \infty$

Механизированная резина, резина со сложной поверхностью, оргстекло с водой и мелкая медная сетка экранируют излучение в рассмотренном опыте. Хуже с задачей справляются медная сетка средней мелкости и защитная ткань 1, уменьшая мощность излучения на 1 порядок. Остальные материалы не рекомендуются в качестве экранов в силу малого коэффициента экранирования.

Расчет безопасного расстояния до антенны без экрана.

Проведем расчет безопасного расстояния для заданной антенны мощностью 4 мВт без экрана. Расчет будем проводить для кратковременно облу-

чения. В этом случае максимальное значение $\mathcal{E}_{\text{ППЭ}_{\text{нд}}}$ не должно превышать $10\text{мкВт/см}^2 = 0.1\text{Вт/м}^2$ для постоянного и 10Вт/м^2 для кратковременного излучений.

$$\text{ППЭ}_{\text{т}} = \frac{P_{\text{г}} G_{\text{п}}}{4\pi l^2} F^2$$

Из этой формулы определим минимально допустимое расстояние, на котором можно находиться относительно источника излучения. Для постоянного такое расстояние составит 41см, для кратковременного - 4см.

Рекомендуется находиться в дальней зоне излучения (дальше 41 см от источника), для исследуемой антенны уровень энергетической нагрузки не будет превышать пределов для кратковременного облучения.

Исследование силы излучения мобильного телефона при звонке на него.

Проанализируем излучение телефона.

Для начала определим, что антенна устройства либо ненаправленная, либо имеет очень широкий радиус излучения. Это следует из того, что устройство излучает достаточно сильный сигнал по трем направлениям - со стороны экрана, правой и задней сторон 35 мкА, 15 мкА и 25 мкА соответственно. Вероятно, антенна не направленная, а отсутствие излучения с левой стороны устройства объясняется экранированием антенны корпусом устройства.

Далее исследуем силу излучения. Выберем максимально зафиксированное значение излучения в 35 мкА. Этому значению соответствует ППЭ, примерно равное 11.5мкВт/см^2 . Максимально допустимое значение составляет 10мкВт/см^2 , поэтому можно было бы сказать, что устройство не соответствует требованиям. Тем не менее стоит учитывать, во-первых, погреш-

ность измерений вследствие несовершенства измерительного устройства, а во-вторых кратковременность излучения: оно возникает только при активном звонке с устройства при условии, что устройство воспринимает (и, соответственно, передает) какой-либо звук. Если пользователь устройства будет молчать, то излучение станет невозможно зарегистрировать измерительным прибором, использовавшимся в этой лабораторной работе, что было также проверено, пусть и не отражено в протоколе измерений.