

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

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №19
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
Тема: Исследование защиты человека от воздействия
СВЧ-излучения.

Студентка гр. 1384	_____	Степаненко Д.В.
Студентка гр. 1384	_____	Бобков В.Д.
Студентка гр. 1384	_____	Усачева Д.В.
Преподаватель	_____	Турусов А.А.

Санкт-Петербург
2024

Цель работы.

Ознакомиться с санитарно-гигиеническим нормированием излучения радиочастот с изучить методы защиты персонала от облучения при работе с маломощными СВЧ-генератором.

Общие сведения.

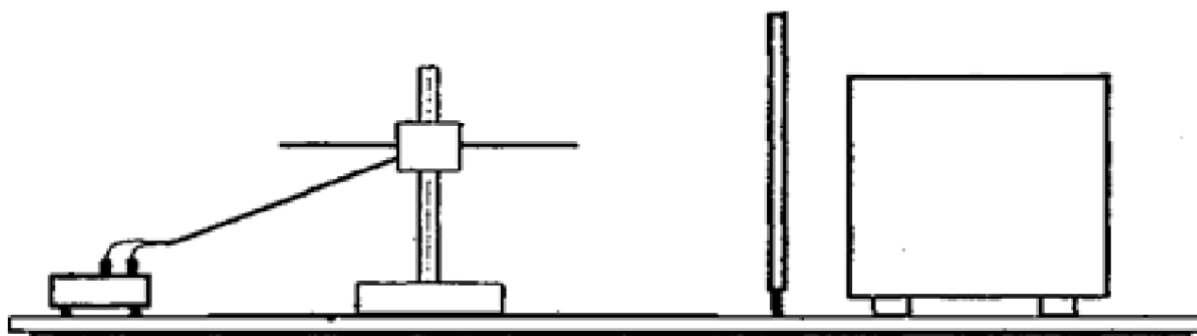


Рис. 1 – Схема стенда для исследования параметров электромагнитного поля

Используемые защитные экраны:

- Сетки из оцинкованной стали с ячейками 50 мм
- Сетки из оцинкованной стали с ячейками 10 мм
- Листа алюминиевого
- Полистирола
- Резины

Основными характеристиками стенда:

- Мощность СВЧ-печи не более 800 Вт
- Диапазон плотности потока электромагнитного излучения в излучаемой зоне СВЧ-печи 0...120 мкВт/см²
- Характеристики антенны: $L = 9\text{см}$, $\lambda = 3\text{см}$, $I_d = 27\text{см}$, $F = 1$, $G_n = G_{np} = 55$

Электромагнитное поле (ЭМП) – особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрическими заряженными частицами. Количественная характеристика ЭМП – напряженность электрического поля (E) в [В/м]. Характеристика электростатического поля – потенциал (φ) в [В]. Магнитное поле создается при движении электрических зарядов по проводнику. Характеризуется напряженностью магнитного поля (H), единица измерения [А/м], а также магнитной индукцией (B), единица измерения тесла (Тл).

Электромагнитные волны характеризуются длиной волны λ . Источник, генерирующий излучение, т.е. создающий электромагнитные колебания, характеризуется понятием «частота» f [Гц].

Излучение – это процесс испускания и распространения энергии в виде волн и частиц.

Облучение – это воздействие ионизирующей радиации на биологические объекты.

Ионизирующая радиация – потоки элементарных частиц или атомных ядер, способные ионизировать вещество.

СВЧ – это сверхвысокочастотное излучение.

СВЧ-генератор – изобретение относится к импульсной технике больших мощностей и предназначено для генерации СВЧ-колебаний гигаватного уровня мощности.

Свободные заряды – это заряды, перемещающиеся под действием поля на существенные расстояния.

Свободные электромагнитные колебания возникают в электромагнитной системе после выведения ее из состояния равновесия.

Диполь — идеализированная система, служащая для приближённого описания поля, создаваемого более сложными системами зарядов, а также для приближенного описания действия внешнего поля на такие системы.

Энергетическая нагрузка — это суммарный поток энергии, проходящий через единицу облучаемой поверхности за время действия.

Человек, работающий с источниками излучения НЧ-, СВ- в ВЧ- и ОВЧ-диапазонов, находится в зоне индукции. Для СВЧ- и КВЧ-диапазонов работающие часто находятся в волновой или в промежуточных зонах. В волновой зоне интенсивность поля оценивается плотностью потока энергии (ППЭ), т.е. количеством энергии, падающей на единицу площади поверхности в единицу времени (фактически, это плотность потока мощности). ППЭ выражается в ваттах на квадратный метр (Вт/м^2) или производственных единицах: милливатт и микроватт на квадратный сантиметр (мВт/см^2 , мкВт/см^2).

S — плотность потока энергии

Виды воздействия ЭМП:

- Механическое воздействие (силы, возникающие при взаимодействии тока и магнитного поля, которые воздействуют на предметы);
- Тепловое воздействие (нагрев тела и отдельных предметов);
- Нетепловое воздействие: информационное или биологическое.
- Информационное воздействие (проявляется в аудиоэффектах и сбое в канал передачи сигналов, осуществляемых с помощью биотоков человека)

Взаимодействуя с телом человека, переменное ЭМП вызывает в нем поляризацию молекул, появление вихревых токов, и зарядов. Результатом

воздействия могут быть заболевания нервной и сердечнососудистой систем, электромагнитная (СВЧ) катаракта, выпадение волос.

Мероприятия по защите персонала от воздействия ЭМП:

Организационные мероприятия

- Нормирование параметров облучения;
- Выбор рациональных режимов работы установок;
- Ограничение времени нахождения персонала в зоне облучения;
- Нанесение предупредительных надписей и знаков.

Инженерно-технические мероприятия

- Использование коаксиальных линий передач высокочастотной энергии;
- Размещение рабочих мест в зонах ниже предельно допустимых интенсивностей излучений (защита расстоянием);
- Использование средств подавления электромагнитных полей в источнике, на пути распространения (экранирование);
- Устранение паразитных наводок на электросетевые провода, сети водопровода и отопления, которые могут быть переизлучателями электромагнитной энергии.

Средствами защиты от ЭМП, особенно СВЧ-диапазона, на пути их распространения служат мелкая металлическая сетка, металлизированные ткани, специальные радиозащитные очки и др. поглощающие или отражающие материалы, которые выбираются исходя из частоты, вида ЭМП и необходимого коэффициента экранирования.

Экспериментальные результаты:

Таблица 1 - Зависимость плотности потока энергии от расстояния в ближней и переходной зонах

Номер измерения	Значение координаты датчика, см			Показания микроамперметра I, мкА	ППЭ _э , Вт/м ²	Р _{пр} , мкВт
	X	X	X			
1	0	0	10	10	0,0350	137,9
2	2.5	0	10	6	0,0210	82,7
3	5	0	10	15	0,0525	206,8
4	7.5	0	10	14	0,0490	193,0
5	10	0	10	13	0,0455	179,2
6	12.5	0	10	12	0,0420	165,4
7	15	0	10	14	0,0490	193,0
8	17.5	0	10	6	0,0210	82,7
9	20	0	10	4	0,0140	55,1
10	22.5	0	10	3	0,0105	41,4
11	25	0	10	2	0,0070	27,6
12	27.5	0	10	1	0,0035	13,8
13	30	0	10	2	0,0070	27,6
14	32.5	0	10	3	0,0105	41,4
15	35	0	10	6	0,0210	82,7
16	37.5	0	10	6	0,0210	82,7
17	40	0	10	10	0,0350	137,9

18	42.5	0	10	12	0,0420	165,4
19	45	0	10	10	0,0350	137,9
20	47.5	0	10	11	0,0385	151,7
21	50	0	10	8	0,0280	110,3

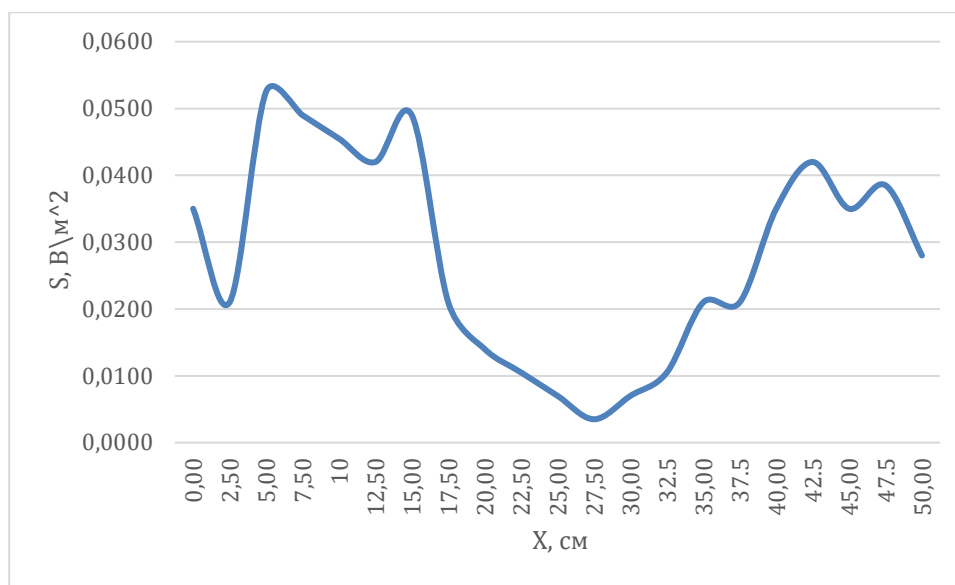


Таблица 2 - Зависимость плотности потока энергии от расстояния в ближней и переходной зонах.

Номер измерения	Значение координаты датчика, см			Показания микроамперметра I, мкА	ППЭэ, Вт/м²	Р _{пр} , мкВт
	X	Y	Z			
1	20	25	10	45	0,1575	620,4
2	20	22.5	10	46	0,1610	634,2
3	20	20	10	50	0,1750	689,3
4	20	17.5	10	50	0,1750	689,3
5	20	15	10	48	0,1680	661,8

6	20	12.5	10	37	0,1295	510,1
7	20	10	10	25	0,0875	344,7
8	20	7.5	10	8	0,0280	110,3
9	20	5	10	7	0,0245	96,5
10	20	2.5	10	8	0,0280	110,3
11	20	0	10	7	0,0245	96,5
12	20	2.5	10	3	0,0105	41,4
13	20	5	10	7	0,0245	96,5
14	20	7.5	10	5	0,0175	68,9
15	20	10	10	2	0,0070	27,6
16	20	12.5	10	1	0,0035	13,8
17	20	15	10	4	0,0140	55,1
18	20	17.5	10	13	0,0455	179,2
19	20	20	10	16	0,0560	220,6
20	20	22.5	10	12	0,0420	165,4
21	20	25	10	14	0,0490	193,0

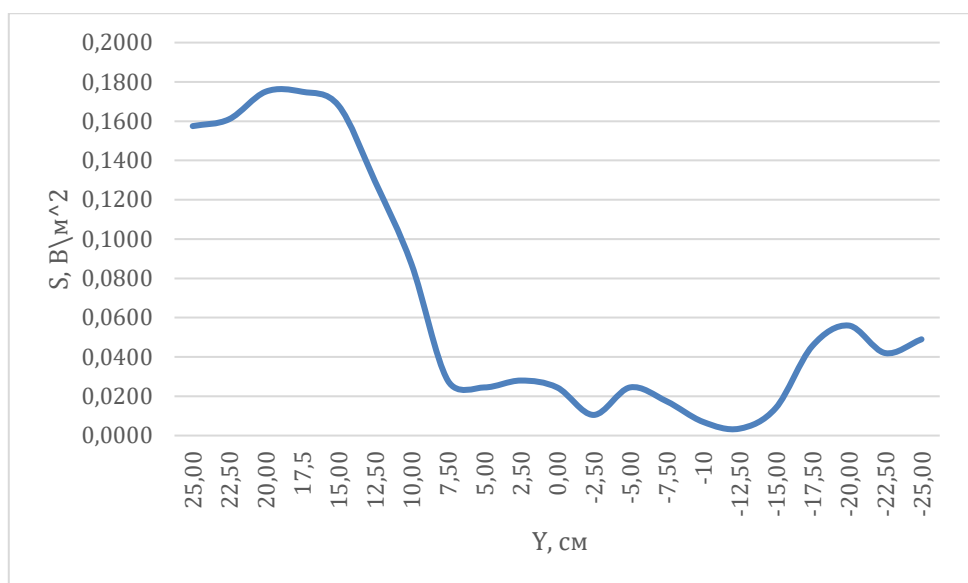
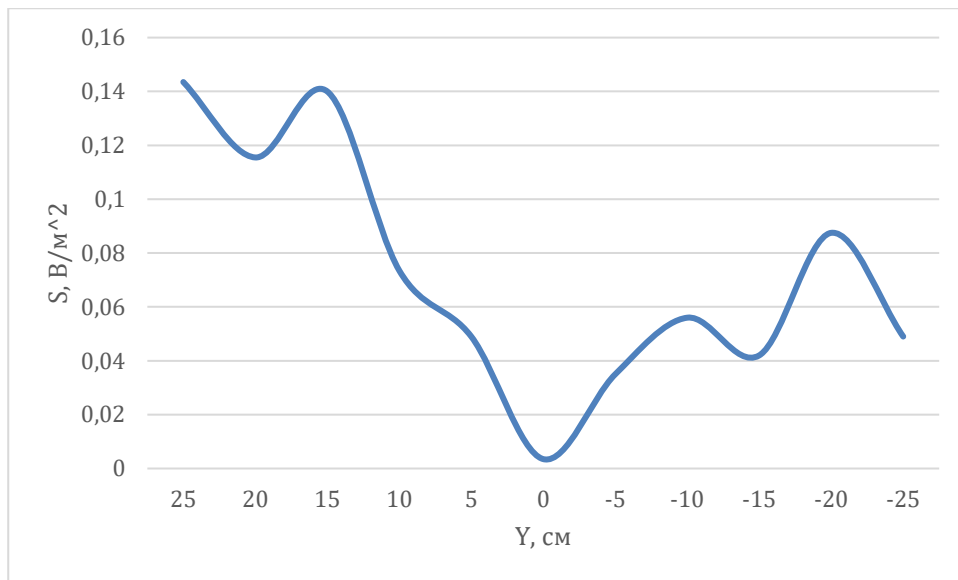


Таблица №3. «Зависимость плотности потока энергии от расстояния в ближней и переходной зонах

х	у	I мкА	ППЭ _э , Вт/м ²	Р _{пр} , мкВт
30	25	41	0,144	565,3
30	20	33	0,116	455,0
30	15	40	0,14	551,5
30	10	21	0,074	289,5
30	5	14	0,049	193,0
30	0	1	0,004	13,8
30	-5	10	0,035	137,9
30	-10	16	0,056	220,6
30	-15	12	0,042	165,4
30	-20	25	0,088	344,7
30	-25	14	0,049	193,0



Исследование зависимости уровня облучения от расстояния до источника.

Для нахождения $P_{\text{пр}}$ воспользуемся формулами:

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

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

где $P_{\text{пр}}$ – мощность излучения, $S_{\text{эф}}$ – эффективная площадь приёмной антенны, λ – длина волны СВЧ-излучения в воздухе, $G_{\text{пр}}$ – коэффициент усиления. В данной работе коэффициент усиления приемной антенны $G_{\text{пр}} = 55$, длина волны СВЧ-излучения в воздухе $\lambda = 3$ см.

Тогда получаем, что $S_{\text{эф}} = \frac{0.03^2}{4\pi} 55 = 0.0039 \text{ m}^2$. Отсюда $P_{\text{пр}} = \text{ППЭ}_\text{Э} * S_{\text{эф}}$. Результаты вычислений $P_{\text{пр}}$ для каждого измерения представлены в таблицах 1-3.

Исследование защитных свойств экранов из различных материалов.

Был определен коэффициент ослабления (экранирования) излучения экранами по следующей формулам:

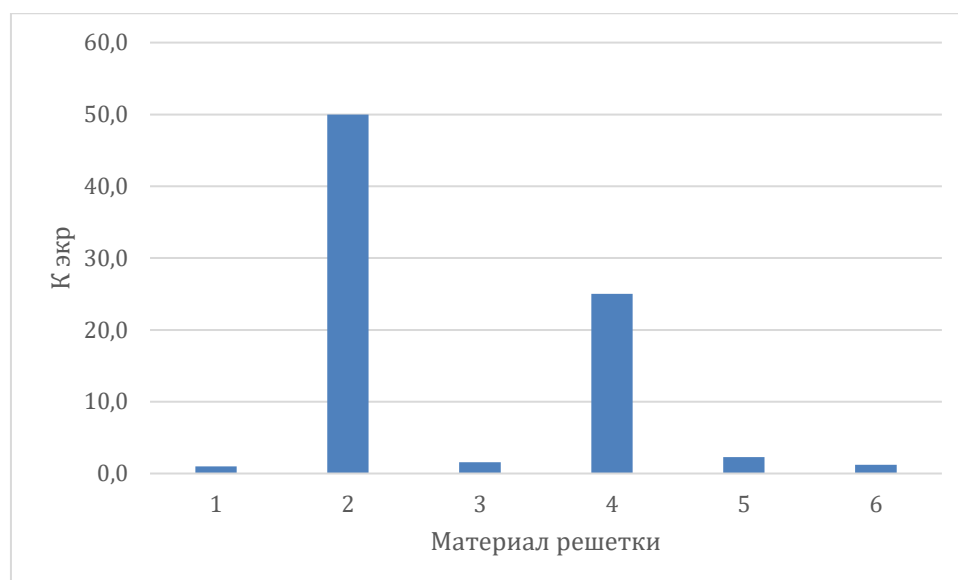
$$K_{\text{экр}} = \frac{P_1}{P_2}, \Delta_{\text{экр}} = \frac{P_2}{P_1},$$

где $P_1 = 0,69$ мВт – мощность без экрана, P_2 – мощность с экраном.

Полученные результаты были занесены в табл. 4.

Таблица 4 – Значения коэффициентов экранирования излучения различными экранами

Материал экрана	Значение координаты датчика, см			Показания микроамперметра I , мкА	ППЭ, Вт/м ²	P_2 , мВт	$K_{\text{экр}}$
	X	X	X				
Без экрана	25	25	10	50	0,175	0,69	1,0
Металлическая пластина	25	25	10	1	0,004	0,01	50,0
Решетка большой сеткой	25	25	10	32	0,112	0,44	1,6
Решетка мелкой сеткой	25	25	10	2	0,007	0,03	25,0
Резина	25	25	10	22	0,077	0,30	2,3
Пластик	25	25	10	41	0,144	0,57	1,2



Поглощение электромагнитных излучений происходит с помощью диэлектрических материалов путем превращения энергии электромагнитного поля в тепловую (происходит поляризация диэлектриков). Также ЭМП вызывает вихревые токи, которые создают в экране вторичное поле с такой же амплитудой, как у экранируемого поля, и противоположной фазой. При сложении полей, полученное поле быстро затухает в материале экрана.

Исследование электромагнитных полей, создаваемых сотовыми системами радиосвязи.

Были измерены максимальные значения показания прибора при обычным расположении телефонов и при их повороте на 90, 180. Исследовались 3 телефона марки Apple. Расстояние между телефоном и измерительным прибором было равно 37 см, телефон, с которого совершался вызов, находился на расстоянии более 3 метров. Измеренные значения были занесены в табл. 5.

Таблица 6 – Результаты измерений электромагнитных полей мобильных устройств

Телефон	I мкА (l=37 см)	I мкА (l=0 см)	ППЭ мкВт/см ² (l=37 см)	ППЭ мкВт/см ² (l=0 см)
iPhone 15 Pro	0	0	0,000	0,000
iPhone 15	3	10	0,011	0,035
iPhone 13	0	6	0,000	0,021

Согласно нормативным требованиям, предельно допустимый уровень плотности потока энергии = 1000 мкВт/см² вне зависимости от времени воздействия. Как видно, из табл. 5 исследуемые телефоны удовлетворяют данному значению. Возникает вопрос, почему такие разные показатели у телефонов одной фирмы, особенно у iPhone 15.

Предположение, что антенны оператора связи iPhone 15 находятся дальше, но это не так: можно убедиться по скрину карты вышек операторов связи на рисунке 1. Также все аксессуары с телефонов были сняты. Был проведен анализ стандартов устройств iPhone, все современные модели не превышают SAR=1, и имеют одинаковое значение мощности излучения. Отсюда можно сделать вывод, что на результат изменения могла повлиять загрузка телефона (активность приложений, использующих интернет).



Рисунок 1 – Карта антенн операторов связи.

Выводы.

В ходе проведения данной лабораторной работы было осуществлено ознакомление с санитарно-гигиеническим нормированием излучения радиочастот (ГОСТ 12.1.006-84 и СанПиН 2.2.4.1191-03) и методами защиты персонала от облучения при работе с маломощным СВЧ-генератором (ограничение расстояния до источника излучения, ограничение времени нахождения в зоне облучения, экранирование рабочего места или источника, использование средств индивидуальной защиты). Проведено исследование зависимости уровня облучения от расстояния до источника в ближней и переходной зонах. При изучении графиков выявлено закономерное уменьшение уровня облучения при увеличении расстояния. Также отмечен сложный характер этой зависимости в ближней и переходной зонах, что подтверждает формирование волнового поля. Также было проведено исследование защитных свойств экранов из различных материалов, посчитаны коэффициенты ослабления. Установлено, что лучше всего со

своей задачей справляются экраны из металла и мелкой металлической сетки. Последним этапом было проведено исследование ЭМП, излучаемого мобильными телефонами. В результате анализа было выявлено, что они удовлетворяют нормам СанПиН.