

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

---

КАФЕДРА №21

ОТЧЕТ ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ \_\_\_\_\_

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

ассистент

\_\_\_\_\_  
должность, уч. степень, звание

Г.М. Ревунов

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

**ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №6**

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НАД  
ПРОВОДЯЩЕЙ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

по курсу: ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

СТУДЕНТ ГР. № 2011

\_\_\_\_\_  
номер группы

А.А. Данукало

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

\_\_\_\_\_  
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург  
2022

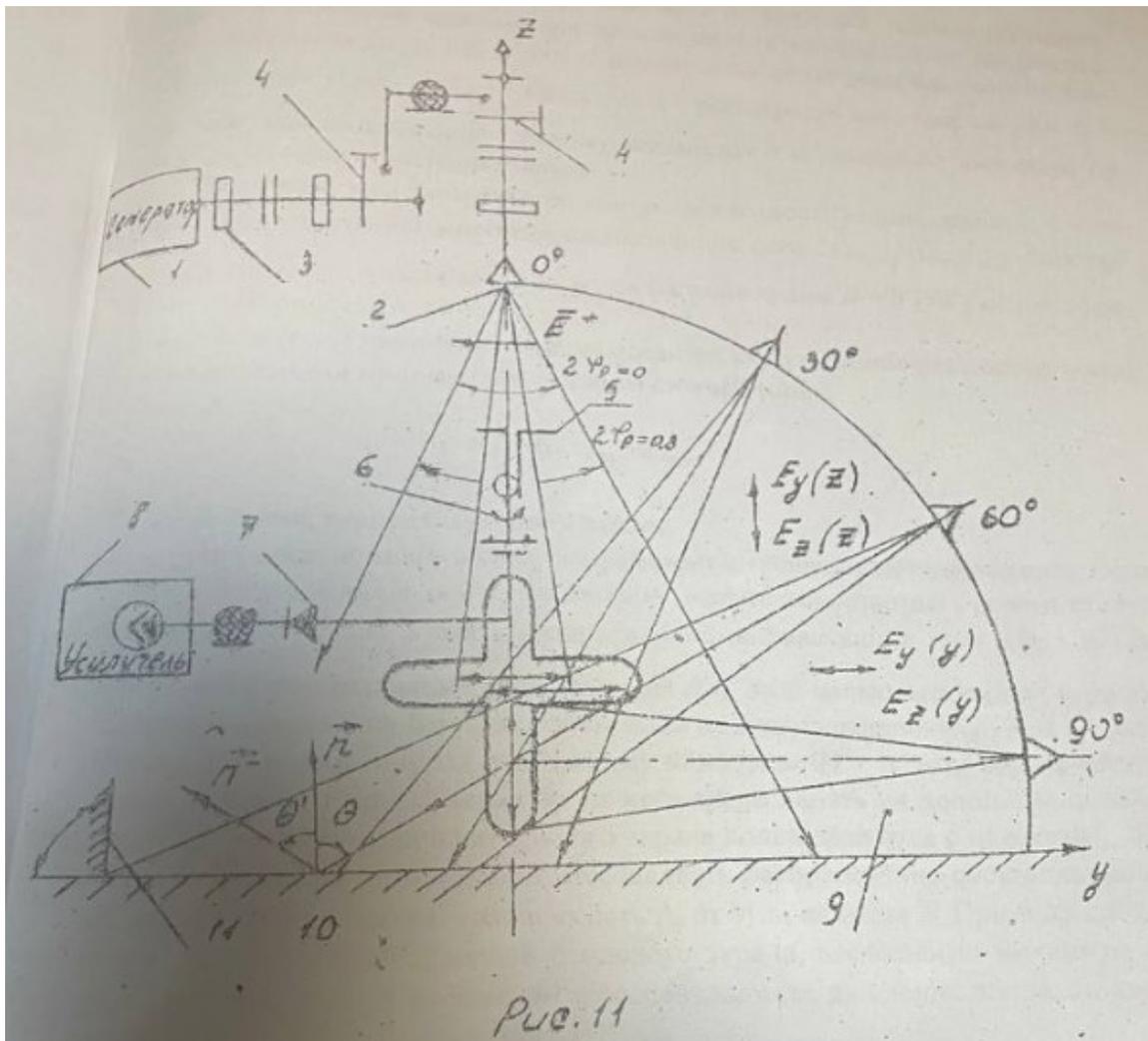
## **Цель работы:**

- 1) Изучить законы отражения плоских электромагнитных волн от плоской проводящей поверхности.
- 2) Изучить структуру поля при нормальном и наклонном падении параллельно поляризованной волны на плоскую проводящую поверхность.
- 3) Изучить структуру поля при наклонном падении перпендикулярно поляризованной волны на плоскую проводящую поверхность.
- 4) Исследовать распределение по нормали к экрану амплитуд составляющих электрического поля в зависимости от угла падения на проводящий экран параллельно поляризованной плоской электромагнитной волны.
- 5) Исследовать волну, направляемую металлической границей раздела.
- 6) Исследовать распределение амплитуд составляющих поля по нормали к экрану в зависимости от угла падения на проводящий экран параллельно и перпендикулярно поляризованных плоских электромагнитных волн.

## **Описание лабораторной установки:**

Лабораторный стенд для исследования структуры поля над проводящей плоской поверхностью состоит из СВЧ-генератора сантиметрового диапазона волн 1; излучающего пирамидального рупора 2 с размерами раскрытия  $D_h = 140$  мм и  $D_e = 90$  мм в плоскостях H и E соответственно; волновода прямоугольного сечения 3; коаксиально волноводного перехода 4, обеспечивающего передачу мощности от генератора к рупору; индикатора составляющих электрического поля  $E_y$ ,  $E_z$  - полуволнового симметричного вибратора 5, связанного с жесткой коаксиальной линией, на внешнем цилиндре которой прорезаны симметрирующие токи четвертьволновые щели; вращающегося вокруг оси коаксиального соединения 6 с детекторной секцией 7; измерительного усилителя 8; металлического стола 9 с крестообразными прорезями и направляющими пластинами, позволяющими крепить излучающий рупор в положении 0 30 60 90 градусов; механизма перемещения вибратора в двух взаимно перпендикулярных направлениях (по оси z и y) со шкалой отсчета, расположенного под столом - 9; плоского основного алюминиевого экрана 10, закрепленного неподвижно на металлическом столе и плоского дополнительного экрана 11, имеющего возможность поворачиваться относительно основного экрана на 90 градусов.

Рис 11. Лабораторный стенд для исследования структуры поля над проводящей плоской поверхностью



### Рабочие формулы:

$\lambda_z = 2 * (l_{1min} - l_{2min})$  - длина волны, распространяющаяся соответственно вдоль оси z

$\lambda_y = 2 * (l_{1min} - l_{2min})$  - длина волны, распространяющаяся соответственно вдоль оси y

### Результаты измерений и вычислений:

Таблица 1. Перемещение зонда по оси Z, плечо вибратора перпендикулярно у оси.

$\theta=0^\circ$			$\theta=30^\circ$			$\theta=60^\circ$		
Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$	Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$	Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$
18	55	0,88	25	17	0,61	19	1	0,28
20	28	0,63	28	1	0,15	22	0,11	0,1
22	2,6	0,19	30	5	0,3	24	0,2	0,12
24	3,4	0,22	32	20,5	0,67	26	2,8	0,47
26	20	0,53	34	32	0,84	28	4,7	0,61
28	50	0,84	36	41	0,95	30	7,5	0,77
30	60	0,92	38	45	1	32	10	0,9
32	70	1	40	41	0,95	34	11	0,94
34	60	0,92	42	33	0,85	36	12	0,98
36	40	0,75	44	17	0,61	38	12,5	1
38	16	0,48	46	4	0,30	40	12	0,98
40	1,7	0,15	48	2,5	0,23	42	11	0,94
42	5,3	0,27	50	4,5	0,32	44	10	0,9
						46	7	0,75
						48	5	0,63

Таблица 2. Перемещение зонда по оси Z, плечо вибратора параллельно у оси.

$\theta=30^\circ$			$\theta=60^\circ$		
Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$	Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$
15	3,3	0,50	37	1,9	0,24
18	0,45	0,18	39	0,4	0,1
20	3,7	0,53	42	2,5	0,27
22	7,1	0,74	44	7	0,45
24	11	0,92	46	13	0,61
26	12,5	0,98	48	18	0,73
28	13	1	50	24	0,84
30	11	0,92	52	29	0,92
32	7	0,73	54	32	0,97
34	3	0,48	56	34	1
36	1,2	0,3	58	34	1
38	0,36	0,16	60	32	0,97
40	2	0,4	62	29	0,92
			64	23	0,82
			66	18	0,73
			68	12	0,6
			70	11	0,57
			72	5	0,38
			74	2,3	0,26
			76	1	0,17

Таблица 3. Перемещение зонда по оси у, плечо вибратора перпендикулярно у оси.

$\theta = 30^\circ$			$\theta = 60^\circ$			$\theta = 90^\circ$		
Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$	Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$	Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$
16	4	0,53	44	1,4	0,25	42	12	0,61
18	1,6	0,34	46	0,9	0,2	44	5	0,39
20	0,65	0,21	48	5	0,47	46	7,4	0,48
22	0,9	0,25	50	13	0,77	48	10	0,56
24	2	0,37	52	21	0,98	50	28	0,93
26	4,7	0,58	54	22	1	52	30	0,97
28	7,9	0,75	56	20	0,95	54	32	1
30	9	0,8	58	15	0,82	56	25	0,88
32	14	1	60	9	0,64	58	16	0,7
34	14	1	62	3,5	0,4	60	10	0,56
36	12	0,92	64	0,4	0,13	62	7	0,47
38	9	0,8						
40	5	0,6						
42	3	0,46						
44	1,7	0,35						
46	1,4	0,31						

Таблица 4. Перемещение зонда по оси у, плечо вибратора параллельно у оси.

$\theta = 30^\circ$	$\theta = 60^\circ$
---------------------	---------------------

Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$	Z(y),мм	$\alpha$ , дел	$\sqrt{\frac{\alpha}{\alpha_{max}}}$
80	2,5	0,44	30	3,5	0,59
82	1,1	0,29	32	0,5	0,22
84	1,3	0,31	34	0,5	0,22
86	2,5	0,44	36	2,5	0,5
88	3	0,48	38	6	0,77
90	4,5	0,58	40	9,5	0,97
92	9	0,83	42	10	1
94	12	0,96	44	8	0,9
96	11,5	0,94	46	6	0,77
98	11	0,92	48	3,5	0,59
100	12	0,96	50	1,2	0,34
102	13	1	52	0,4	0,2
104	13	1			
106	11,5	0,94			

### Примеры вычислений:

Перемещение по Z, плечо перпендикулярно у:

$$\Delta_z = 2 * (40 - 22) = 36 \text{ мм для } \theta = 0^\circ$$

$$\Delta_z = 2 * (48 - 28) = 40 \text{ мм для } \theta = 30^\circ$$

$$\Delta_z = 2 * (48 - 22) = 52 \text{ мм для } \theta = 60^\circ$$

Перемещение по Z, плечо параллельно у:

$$\Delta_z = 2 * (38 - 18) = 40 \text{ мм для } \theta = 30^\circ$$

$$\Delta_z = 2 * (76 - 39) = 74 \text{ мм для } \theta = 60^\circ$$

Перемещение по у, плечо перпендикулярно у:

$$\Delta_y = 2 * (46 - 20) = 52 \text{ мм для } \theta = 30^\circ$$

$$\Delta_y = 2 * (64 - 46) = 36 \text{ мм для } \theta = 60^\circ$$

$$\Delta_y = 2 * (62 - 44) = 36 \text{ мм для } \theta = 90^\circ$$

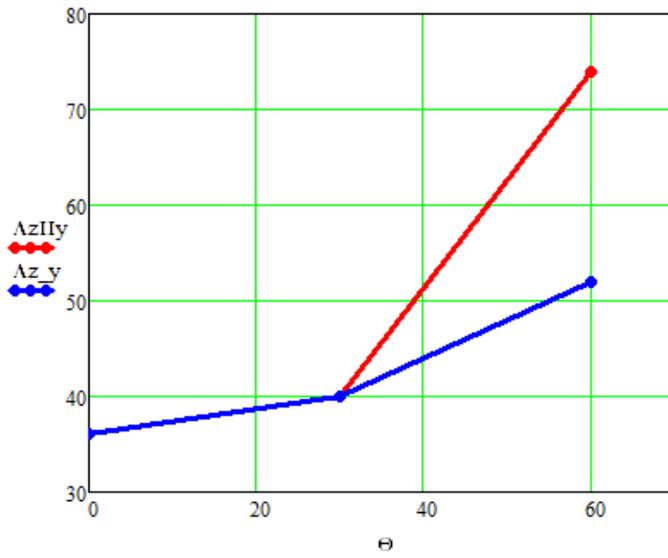
Перемещение по  $y$ , плечо параллельно  $y$ :

$$\Delta y = 2 * (98 - 82) = 32 \text{ мм} \text{ для } \theta = 30^\circ$$

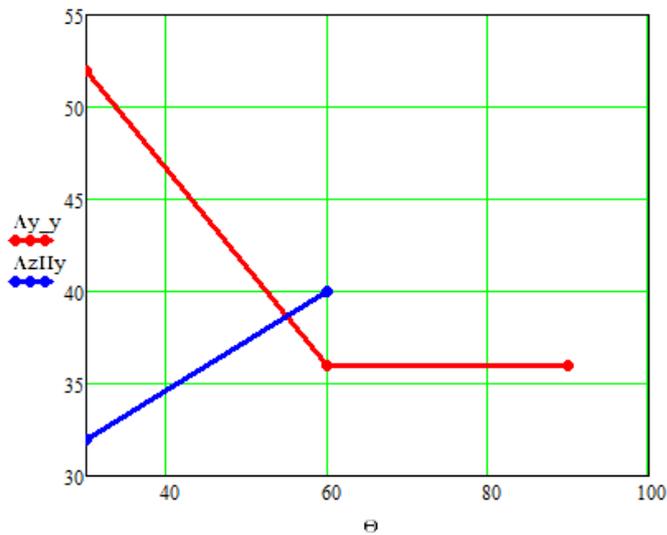
$$\Delta y = 2 * (52 - 32) = 40 \text{ мм} \text{ для } \theta = 60^\circ$$

## Графики:

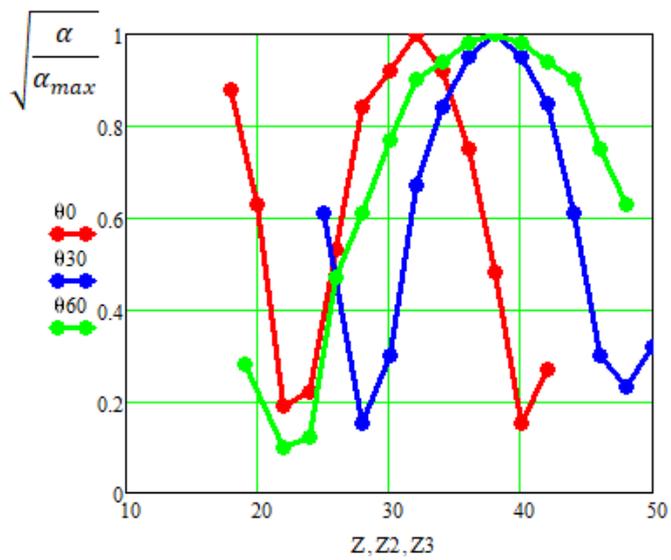
Экспоненциальная зависимость  $\Delta z$ , от  $\theta$ .



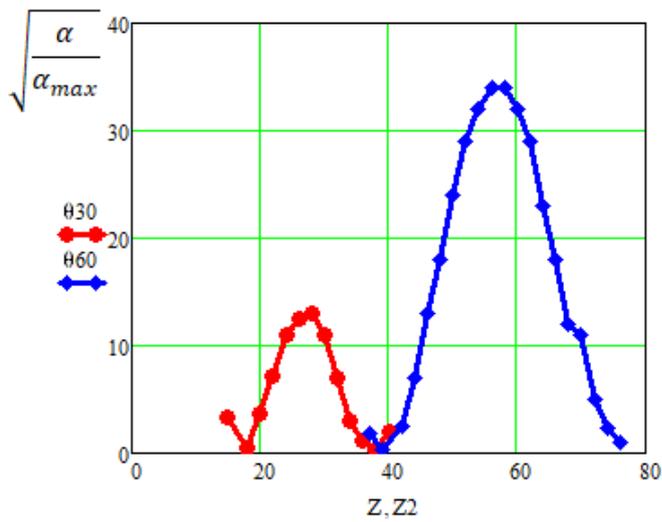
Экспоненциальная зависимость  $\Delta u$ , от  $\theta$ .



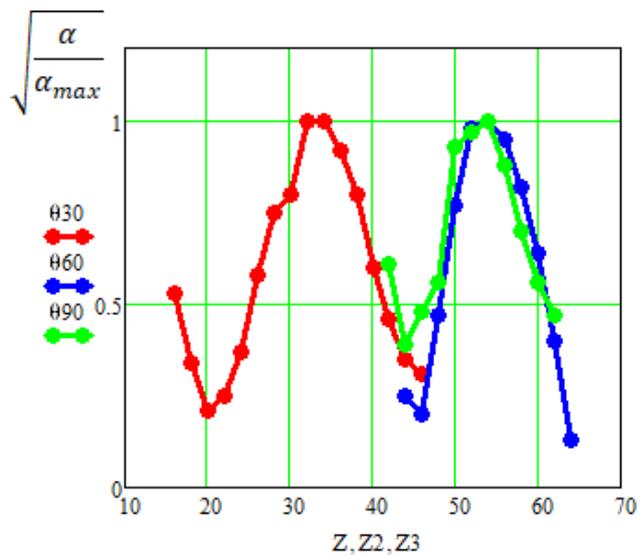
Картина стоячей волны для таблицы 1.



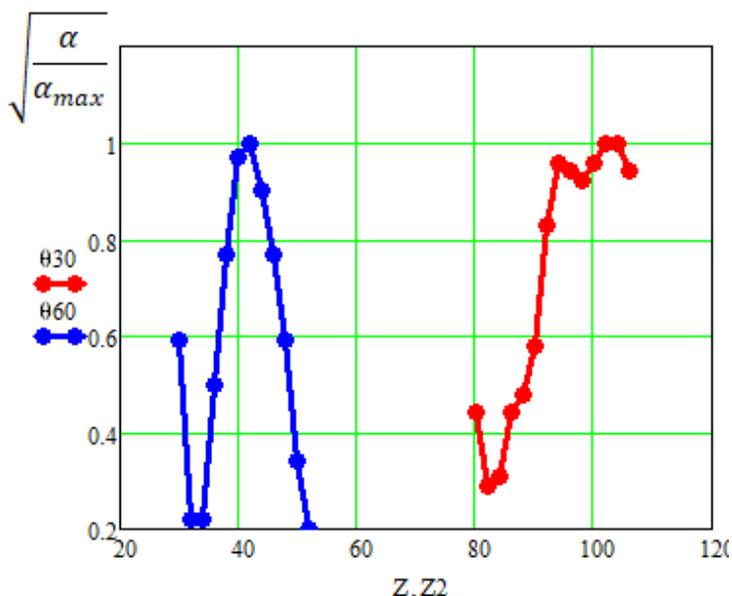
Картина стоячей волны для таблицы 2.



Картина стоячей волны для таблицы 3.



Картина стоячей волны для таблицы 4.



### Вывод:

В данной лабораторной работе мы исследовали распределение по нормали к экрану амплитуд, составляющих электрического поля в зависимости от угла падения на проводящий экран параллельно поляризованной плоской электромагнитной волны, исследовали волну направляемую металлической границей раздела, а также распределение амплитуд составляющих поля по нормали к экрану в зависимости от угла падения на проводящий экран параллельно и перпендикулярно поляризованных плоских электромагнитных волн.

Были найдены длины волн, распространяющиеся соответственно вдоль оси  $z$  и  $y$ . При перемещении по оси  $z$  для угла  $0^\circ$   $\lambda_z = 36$  мм, когда плечо перпендикулярно  $y$ .

Также были графики зависимостей, отражающие структуру электромагнитных волн над плоской проводящей поверхностью.