

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 1

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від 22 лютого 2022 р. №8

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

для проведення практичних занять  
з навчальної дисципліни

### **«Інформаційна безпека в галузі»**

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»  
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»  
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»  
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій  
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Схвалено на засіданні кафедри  
комп'ютерних технологій у медицині  
та телекомунікаціях  
27 вересня 2022 р., протокол №9  
В.о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ Владислав ЧУХОВ

Розробник: к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних технологій у медицині та  
телекомунікаціях ЦИПОРЕНКО Віталій

Житомир  
2022

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 2

## Зміст

<b>Практична робота №1.</b> Розрахунок затухання радіохвиль на шляху поширення в сільській місцевості	3
<b>Практична робота №2.</b> Розрахунок затухання радіохвиль на шляху поширення в міських умовах	9
<b>Практична робота №3.</b> Розрахунок показників ефективності екранування приміщень.	16
<b>Практична робота №4.</b> Дослідження параметрів завади при попаданні в систему заземлення.	21
<b>Практична робота №5.</b> Дослідження процесу розпізнавання мовної інформації	29
<b>Практична робота №6.</b> Дослідження можливостей програмного забезпечення DiGiScan EX широкопasmового приймача фірми AOR	36
<b>Практична робота №7.</b> Дослідження можливостей програмного забезпечення SDR sharp з SDR радіоприймачем Hack RF	38
<b>Практична робота №8.</b> Створення проекту системи відеоспостереження офісної будівлі	41
<b>Література</b>	45

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 3

## Лабораторна робота №1

### Розрахунок затухання радіохвиль на шляху поширення в сільській місцевості

#### 1. Мета роботи:

- а) дослідити послаблення радіохвиль на шляху розповсюдження у приміських зонах та сільській місцевості
- б) оцінити потенційні можливості технічних засобів розвідки.
- в) придбання навичок використання прикладного програмного забезпечення для розрахунку послаблення радіохвиль

#### 2. Завдання на лабораторну роботу

- 2.1. Розрахунок затухання поширення радіохвиль для вашого варіанту завдання.
- 2.2. Дослідження залежності затухання від довжини радіолінії  $r$ .
- 2.3. Дослідження залежності затухання від частоти  $f$ .

#### 3. Теоретичні відомості

##### Розрахунок ослаблення радіохвиль на шляху розповсюдження у приміських зонах і в сільській місцевості.

При вирішенні задач виявлення радіосигналів в ультракороткохвильовому діапазоні частот (УКХ), коли точні дані про середовище поширення радіохвиль відсутні, можна скористатися наведеною нижче емпіричною моделлю розрахунку послаблення.



Вихідними даними для розрахунку є:

- довжина радіолінії ( $r$ , км);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 4

- робоча частота радіолінії ( $f$ , МГц);
- висоти розташування антен над землею ( $h_{1,2}$ , м);

Методика розрахунку застосовується при  $h \leq 300$  м у діапазоні  $1 \dots 1000$  МГц.  
Алгоритм розрахунку наступний.

1. Визначаються еквівалентні висоти антен:

$$h'_{1,2} = (h_m^2 + h_{1,2}^2)^{1/2} \quad (1)$$

де  $h_m$  - мінімально діюча висота;

$h_{1,2}$  - висота випромінювальної і приймальної антен над землею.

При горизонтальній поляризації приймається  $h_m = 0$ . При вертикальній поляризації значення  $h_m$  знаходять за формулами, наведеними у табл. 1. для різних діапазонів хвиль і типу земної поверхні.

Таблиця 1.

ПОВЕРХНЯ	Lg $h_m$ , [м]	
	при $f = 1 \dots 20$ МГц	при $f = 20 \dots 1000$ МГц
	1	2
ВОДА	$-1,6 \text{ Lg } f + 4,69$	$-2,11 \text{ Lg } f + 5,34$
СУША	$-2 \text{ Lg } f + 3,48$	$-1,33 \text{ Lg } f + 2,61$

2. Розраховуються границі областей, в яких використовується наближення плоскої землі і враховується її сферичність.

Залежність сумарного згасання сигналу в розглянутій моделі від відстані показана на рис 1.

Границі  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  знаходяться з виразів:

$$\text{Lg } r_1 = \text{Lg } f + 0,75 \text{ Lg } h'_1 h'_2 - 3,92 \quad (2)$$

де  $h'_1$  і  $h'_2$  - еквівалентні висоти передавальної і приймальної антен (1);

$$r_2 = 129 / \sqrt{f}, \text{ при } f \leq 100 \text{ МГц}; \quad (3)$$

$$r_2 = 59,9 / \sqrt[3]{f}, \text{ при } f > 100 \text{ МГц}$$

$$r_3 = r_{np} - 48,3 \text{ Lg } f + 163, \text{ при } f \leq 160 \text{ МГц}; \quad (4)$$

$$r_3 = r_{np} - 16,1 \text{ Lg } f + 91,8, \text{ при } f > 160 \text{ МГц};$$

$$r_{np} = 4,12 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}).$$

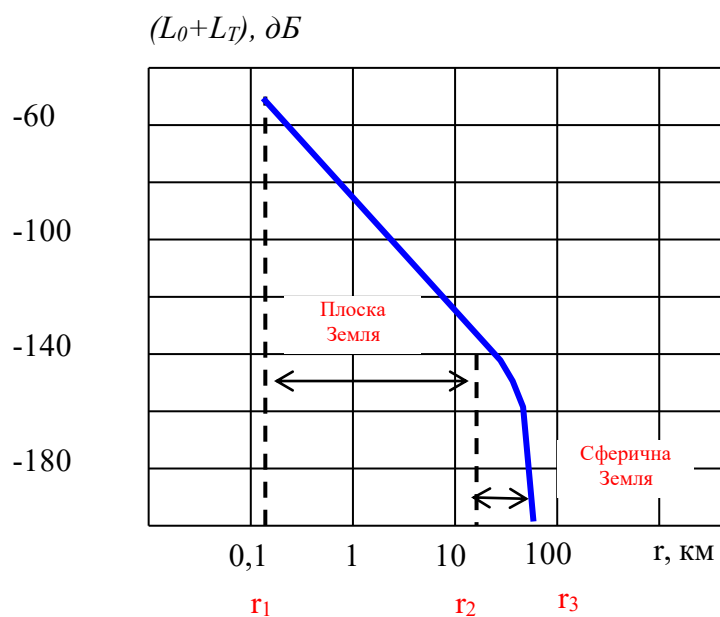


Рисунок 1 – Залежність послаблення радіохвиль від відстані

Необхідне послаблення потужності сигналу вибирають за таблицею 2.

Таблиця 2

Умова	Ослаблення потужності сигналу, дБ
$r_1 \leq r \leq r_2$	$L_0+L_T = -111 + 15 \text{ Lg } h'_1 h'_2 - 40 \text{ Lg } r$
$r_2 \leq r \leq r_3$	$L_0+L_T = (-111 + 15 \text{ Lg } h'_1 h'_2 - 40 \text{ Lg } r_2) - 20 \text{ Lg}(r/r_2) - 0,62M(r-r_2)$
$r > r_3$	$L_0+L_T = [-111 + 15 \text{ Lg } h'_1 h'_2 - 40 \text{ Lg } r_2] - 20 \text{ Lg}(r_3/r_2) - 0,62(r_3-r_2) - 40 \text{ Lg}(r/r_3)$

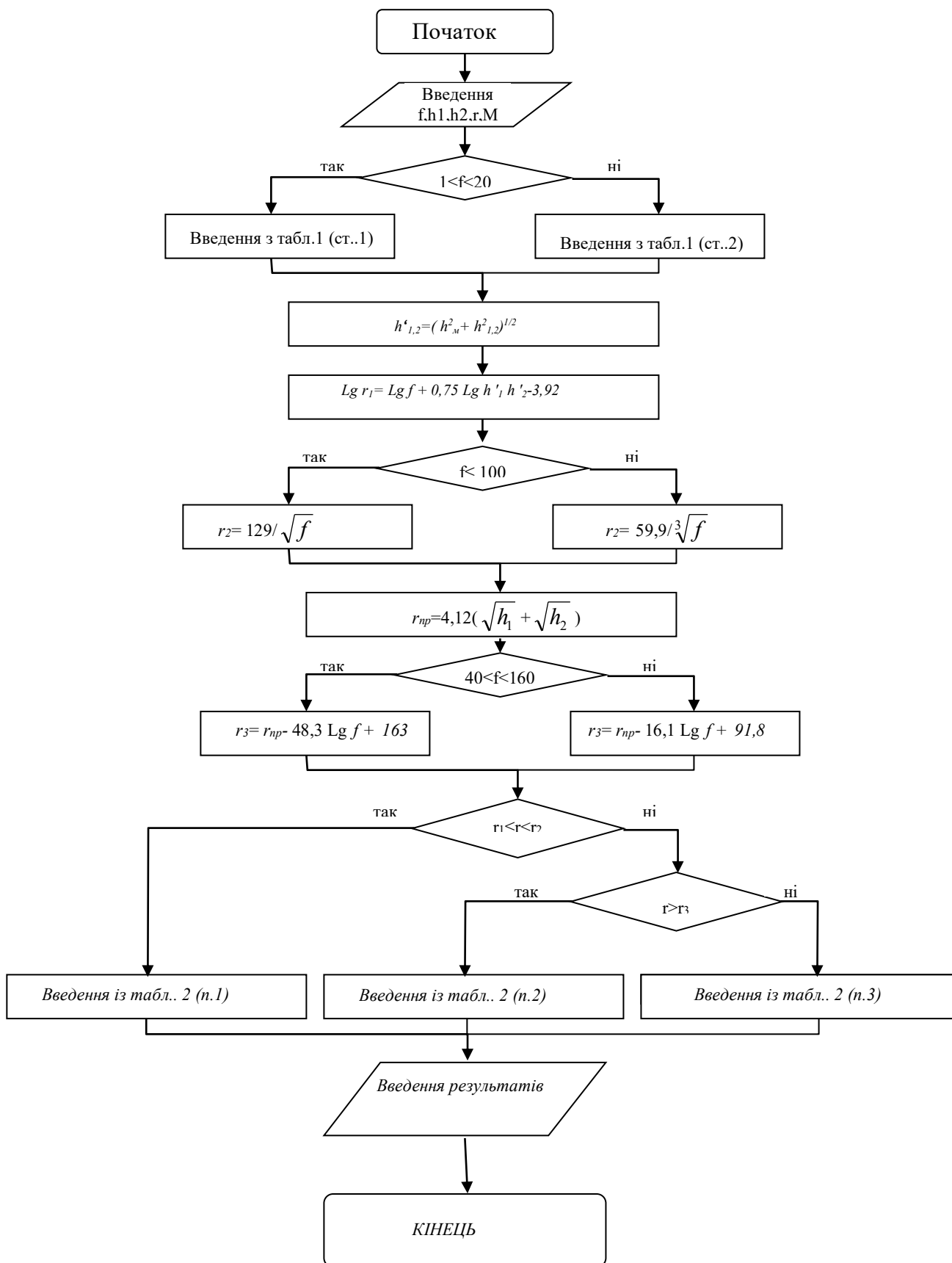


Рисунок 2 – Алгоритм розрахунку поширення радіохвиль в передмісті і в сільській місцевості

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 7

Примітка:  $M=0,5 \text{ Lg } f - 0,35$  – над морем;  $M=0,5$  для суші.

#### 4. Виконання роботи

Для дослідження затухання радіохвиль використати методику та алгоритм розрахунку приведені в розділі 3 методичних рекомендацій. Для розрахунку використовуйте довільну мову програмування або довільний пакет прикладних програм для проведення математичних розрахунків.

Дослідження здійснюється у відповідності до індивідуального завдання згідно номеру варіанту, який визначається порядковим номером студента в класному журналі (див. Додаток 1).

1. Ознайомтесь із завданням на лабораторну роботу.
2. Оберіть варіант виконання та інструмент для розрахунку.
3. Розрахуйте затухання поширення радіохвиль для Вашого варіанту завдання.
4. Дослідіть на скільки зміниться затухання від довжини радіолінії  $r$ . При цьому змініть довжину радіолінії на  $\pm 50\%$  від заданої відстані  $r$ . Побудуйте графік залежності  $L_0 + L_T$  від  $r$ .
5. Дослідіть на скільки зміниться затухання від частоти  $f$ . При цьому змініть частоту  $f$  на  $\pm 50\%$  від заданої. Побудуйте графік залежності  $L_0 + L_T$  від  $f$ .

Додаток 1

Початкові дані для виконання практичних завдань

Таблиця 1

№ варіанту	Відстань між будинками м	Довжина радіолінії, км	Робоча частота радіолінії, МГц	Висота розташування джерела радіосигналу, м	Висота будівлі, м	Висота розташування приймальної антени, м	Поляризація
1	33	5	310	23	30	3	в
2	56	8	320	7	10	5	в
3	76	4	340	34	40	7	в
4	77	9	380	25	40	9	в
5	68	6	460	9	15	11	в
6	46	7	520	18	25	13	в
7	98	12	540	11	20	15	в
8	87	11	630	29	30	17	в
9	76	23	690	27	40	19	в
10	65	10	710	37	55	21	в
11	54	8	780	44	50	23	в
12	43	4	820	41	70	25	в
13	32	7	840	3	30	27	в
14	24	2	880	25	30	29	в
15	35	7	910	32	40	31	в
16	46	5	940	39	50	33	в

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 8

17	57	6	990	41	55	35	В
18	68	3	1100	5	20	37	В

### 5. Контрольні запитання

1. Діапазон роботи радіо закладних пристроїв.
2. Діапазон радіовипромінювань ПЕОМ.
3. Які параметри навколишнього середовища впливають на поширення радіохвиль?
4. Які канали витоку інформації із ПЕОМ Ви знаєте, їх характеристика?
5. Особливості пошуку та локалізації радіо закладних пристроїв?
6. Вплив особливостей конструкції будівель на поширення радіохвиль

### 6. Обробка результатів вимірювань та зміст звіту:

1. Мета лабораторної роботи;
2. Результати теоретичних розрахунків;
3. Графічні залежності ;
4. Відповіді на контрольні питання;
5. Висновки.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 9

## Лабораторна робота №2

### Розрахунок згасання радіохвиль на шляху розповсюдження у міських умовах

#### 1. Мета роботи:

- а) дослідити послаблення радіохвиль на шляху розповсюдження у міських умовах та у середині будинків
- б) оцінити потенційні можливості технічних засобів розвідки.
- в) придбання навичок використання прикладного програмного забезпечення для розрахунку послаблення радіохвиль

#### 2. Завдання на лабораторну роботу

- 2.1. Розрахунок згасання поширення радіохвиль для Вашого варіанту завдання.
- 2.2. Дослідження залежності згасання від довжини радіолінії  $r$ .
- 2.3. Дослідження залежності згасання від частоти  $f$  для міських умов.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 10

### 3. Теоретичні відомості

#### Розрахунок ослаблення радіохвиль на шляху розповсюдження у міських умовах

У наукових роботах запропонована аналітична модель поширення УКХ радіохвиль у міських умовах, при якій міське середовище уявляється у вигляді довгих рівнобіжних рядів будинків з відстанню між ними, рівною  $d$ .

Аналіз показує, що основним механізмом поширення радіохвиль у такому середовищі є їхня дифракція на дахах будинків розташованих поблизу місця радіоспостереження. Відбивання радіохвиль від сусідніх з постом радіоспостереження будинків, а також присутність ефекту багатопроменевого поширення радіохвиль можуть привести до періодичних затухань сигналів.

В роботі Лі У робиться висновок про те, що потужність приймає мого сигналу пропорційна  $P/r^{3,8}$ .



Вихідними даними для розрахунку є:

- довжина радіолінії ( $r$ , км);
- робоча частота радіолінії ( $f$ , МГц);
- висота розташування джерела радіосигналу ( $h_m$ , м);
- висота будівлі ( $h$ , м);
- висота розташування приймальної антени ( $H$ , м);
- відстань між будівлями ( $d$ , м).

Методика розрахунку застосовується при  $h \leq 100$  м у діапазоні 0,3...3 ГГц.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 11

Алгоритм розрахунку наступний.

1. Обчислюється коефіцієнт А, що враховує геометрію будівель:

$$A=51g\left[\left(\frac{d}{2}\right)^2+(h-h_m)^2\right]-9lgd+20lg\left\{\operatorname{tg}^{-1}\left[2(h-h_m)/d\right]\right\} \quad (1)$$

2. Визначаються додаткові втрати  $L_d$ , дБ відносно втрат у вільному просторі:

$$L_d=57,1+A+lgf_c+18lg r+18lgH+18lg\left[1-\frac{r^2}{17H}\right], \quad (2)$$

де Н -висота антени посту радіоспостереження , м.

3. Визначаються втрати потужності у вільному просторі:

$$L_o=32,4+20lgf_c+20lg r, \quad (3)$$

де  $f_c$ -частота, МГц,  $r$  -відстань від випромінювача, км.

4. Визначаються повні втрати при поширенні радіохвиль:

$$L=L_o+L_d \quad (4)$$

### 3.1 Розрахунок ослаблення радіохвиль на шляху розповсюдження у середині будинків

Сигнал приймального тракту, розміщеного всередині будинку значно послабляється, що викликано затуханнями радіохвиль при проходженні через будинок і їх поширенні у самому будинку. Поширення радіохвиль в середині будинку і їх проходження в будинки є багатопроменим. Це пов'язано з конструкцією будинку, розташуванням в ньому кімнат, і, що найбільш важливо, з типом конструкційних матеріалів Умови передачі радіосигналів будуть залежати від розташування випромінювача і приймача.

Наприклад, у випадку, якщо випромінювач і приймач знаходяться в середині будинку, ситуація буде більш складною, тому, що навколишні предмети, переміщення об'єктів розсіювання радіохвиль будуть більше впливати на статистику приймаемого сигналу. Запропоновано 8 класів будинків, що представленні в таблиці 1.



Таблиця 1. Класифікація будинків

Номер класу	Опис
1	Житлові будинки в передмісті
2	Житлові будинки в міських районах
3	Адміністративні будівлі в передмісті
4	Адміністративні будівлі в міських районах
5	Заводські будівлі з важким машинним устаткуванням
6	Інші заводські будівлі, спортзали, виставочні центри
7	Відкриті спорудження типу залізничних вокзалів, аеропортів
8	Підземні спорудження типу метро, підземних вулиць

Були отримані теоретичні вирази для розрахунку медіанного значення прийманого сигналу в діапазоні від 300 до 3600 МГц при його поширенні всередині будинку. Зокрема, запропоновано розраховувати потужність прийманого сигналу за формулою:

$$D_{[AA]} = \tilde{N} + 10n \lg r + kF \quad (5)$$

де  $C$  – втрати потужності на відстані 1 метр;

$n$  – показник степеня  $r$ ;

$r$  – відстань між передавачем і приймачем;

$k$  – кількість поверхів будівлі;

$F$  – втрати потужності в підлозі, у середньому рівні:  $F=14,8$  дБ.

Нижче наведений огляд експериментальних результатів, отримані при визначенні показника степеня  $n$  для різних класів будинків.

Клас 1. У виразі (5) величина  $n$  може змінюватися від 3 до 6,2. При цьому її значення визначається тим, де знаходиться приймач всередині будинку чи поза ним), матеріалом конструкції і щільністю навколишніх будинків об'єктів. Однак у ряді випадків послаблення всередині будинків перевищувало очікуване значення через вплив факторів навколишнього середовища. Наприклад, ослаблення в

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 13

будинках з низькою щільністю забудови перевищувало ослаблення в будинках з мілкою щільністю забудови в 1,4÷4 рази.

Втрати на проходження радіохвиль у будинки з металевими і дерев'яними конструкціями змінювалися від 2 до 24 дБ.

Медіанні рівні сигналу підкоряються логарифмічно-нормальному розподілу зі стандартним відхиленням 9 і 4,4 дБ відповідно.

Клас 2. Оpubлікованих матеріалів за результатами вимірів авторами не виявлено.

Клас 3. Відповідно до проведених вимірів величина  $n$  у формулі (5) змінювалася в цьому випадку від 1,2 до 6,5.

Клас 4. Встановлено, що при зміні відстані від приймача до передавача в межах 1-10м потужність сигналу спадає з відстанню так, як і у вільному просторі. Однак при великих відстанях величина  $n$  змінюється від 2,6 до 2,9 при розміщенні передавача і приймача на одному й тому самому поверсі. Якщо ж передавач знаходиться на одному поверсі, а приймач переміщується по поверхах, що знаходяться вище чи нижче, то величина  $n$  змінюється від 4,7 до 8,6. У середньому медіанні втрати приблизно на 20 дБ більше, ніж у вільному просторі, при цьому стандартне відхилення складає приблизно 3 дБ.

Також: було встановлено, що втрати при проходженні в будинки даного класу від зовнішніх ДРВ варіюються в межах 2 – 38 дБ.

Відзначимо, що у випадку будинків, покритих на 95% склом, мали місце втрати, рівні приблизно 2 дБ.

Дрібномасштабні варіації сигналу описуються релеївским розподілом незалежно від умов передавання. Великомасштабні варіації сигналу описуються логарифмічно-нормальним розподілом.

Клас 5. Для даного класу приміщень вимірювання проводилися на 5 різних заводах з типовими заводськими будівлями з високою щільністю машинного устаткування. Вимірювальні майданчики розбивалися на 4 категорії в залежності від профілю траси:

- а) траса прямої видимості (ТПВ) з невеликим числом навколишніх предметів (НП);
- б) ТПВ із великою щільністю НП;
- в) закрита траса (ЗТ) з малою щільністю НП;
- г) ЗТ із великою щільністю НП.

Встановлено, що середня величина  $n$  у формулі (5) дорівнює для зазначених трас відповідно 1,9; 2,43; 1,79 і 2,81. У випадку адміністративних будинків величина  $n$  варіюється в межах 1,5...6.

Втрати при проходженні радіохвиль у будинку класу 5 змінюються від 4 до 22 дБ у випадку будинків з металевим обшиванням.

Клас 6. Для даного класу приміщень величина  $n$  змінюється в межах від 1,39 до 3,4.

Клас 7. Оpubлікованих даних за результатами вимірів для даного типу споруд авторами не виявлено.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 14

Клас 8. Проведені вимірювання коефіцієнтів послаблення вертикально (В) і горизонтально (Г) поляризованих радіохвиль у діапазоні 0,2...3...3,6 ГГц при їхньому поширенні на підземних вулицях з магазинами і з високою щільністю пішоходів. Встановлено, що величина  $n$  у випадку В- і Г-поляризованого випромінювання лежить, відповідно, в межах  $0,5 \div 3$  і  $0,46 \div 2,2$ . Відмітимо, що вимірний крос-поляризований сигнал був нижчий сигналу з ортогональною поляризацією на 20 дБ.

#### 4. Виконання роботи

Для дослідження згасання радіохвиль використати методику та алгоритм розрахунку приведені в розділі 3 методичних рекомендацій. Для розрахунку використовуйте довільну мову програмування або довільний пакет прикладних програм для проведення математичних розрахунків.

Дослідження здійснюється у відповідності до індивідуального завдання згідно номеру варіанту, який визначається порядковим номером студента в класному журналі (див. Додаток 1).

1. Ознайомтесь із завданням на лабораторну роботу.
2. Оберіть варіант виконання та інструмент для розрахунку.
3. Розрахуйте згасання поширення радіохвиль для Вашого варіанту завдання.
4. Дослідіть на скільки зміниться згасання від довжини радіолінії  $r$ . При цьому змініть довжину радіолінії на  $\pm 50\%$  від заданої відстані  $r$ . Побудуйте графік залежності  $L$  та  $P_{\text{дб}}$  від  $r$ .
5. Дослідіть на скільки зміниться згасання від частоти  $f$ . При цьому змініть частоту  $f$  на  $\pm 50\%$  від заданої. Побудуйте графік залежності  $L$  від  $f$ .

#### Додаток 1

##### Початкові дані для виконання практичних завдань

Таблиця 1

№ варіанту	Відстань між будинками м	Довжина радіолінії, м	Робоча частота радіолінії, МГц	Висота розташування джерела радіосигналу, м	Висота будівлі, м	Висота розташування приймальної антени, м	Поляризація	Кількість поверхів / Номер класу
1	33	5	310	23	30	3	в	4/1
2	56	8	320	7	10	5	в	3/2
3	76	4	340	34	40	7	в	5/2
4	77	9	380	25	40	9	в	9/3
5	68	6	460	9	15	11	в	10/4
6	46	7	520	18	25	13	в	4/5
7	98	12	540	11	20	15	в	4/6
8	87	11	630	29	30	17	в	3/7
9	76	23	690	27	40	19	в	5/8
10	65	10	710	37	55	21	в	9/1

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015						Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022	
	Екземпляр № 1						Арк 45 / 15	

11	54	8	780	44	50	23	в	10\2
12	43	4	820	41	70	25	в	4\3
13	32	7	840	3	30	27	в	3\4
14	24	2	880	25	30	29	в	5\5
15	35	7	910	32	40	31	в	9\6
16	46	5	940	39	50	33	в	10\7
17	57	6	990	41	55	35	в	4\8
18	68	3	1100	5	20	37	в	3\1

### 5. Контрольні запитання

1. Діапазон роботи радіо закладних пристроїв.
2. Діапазон радіовипромінювань ПЕОМ.
3. Які параметри навколишнього середовища впливають на поширення радіохвиль?
4. Які канали витоку інформації із ПЕОМ Ви знаєте, їх характеристика?
5. Особливості пошуку та локалізації радіо закладних пристроїв?
6. Вплив особливостей конструкції будівель на поширення радіохвиль

### 6. Обробка результатів вимірювань та зміст звіту:

1. Мета лабораторної роботи;
2. Результати теоретичних розрахунків;
3. Графічні залежності ;
4. Відповіді на контрольні питання;
5. Висновки.

Звіт оформляється згідно ДСТУ та надається викладачу у вигляді роздрукованих та зброшурованих аркушів на наступному за розкладом занятті для захисту (в години консультацій).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 16

## Лабораторна робота №3

### Розрахунок показників ефективності екранування приміщень

#### 1. Мета роботи:

- а) дослідити ефективність екранування ЕМП у залежності від параметрів екрану;
- в) придбання навичок розрахунку параметрів екрану.

#### 2. Завдання на лабораторну роботу

- 2.1. Розрахунок показників ефективності екранування приміщень суцільним екраном.
- 2.2. Розрахунок показників ефективності екранування приміщень подвійним сітчатим екраном.
- 2.3. Дослідити залежність ефективності екранування від частоти.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 17

### 3. Теоретичні положення.

#### 3.1. Розрахунок показників ефективності екранування приміщень суцільним екраном.

##### Задача №1

Розрахувати ефективність екранування приміщень, якщо екрануюча сітка виконана із міді (сталі, алюмінію),  $f$ -частота сигналів випромінювання,  $R_z$  — опір дроту змінному струму;  $R_0$  — опір дроту постійному струму;  $\mu$ -магнітна проникність (для сталі 100–200);  $S$  — ширина щілини (вічка);  $r_0$  — радіус дроту;  $\delta$  — коефіцієнт вихрових струмів;  $V$  — об'єм приміщення задані таблицею 1

**Таблиця 1.** Значення параметрів для розрахунку

№ з/п	$R_z$ (Ом)	$R_0$ (Ом)	$\mu$	$V$ (М <sup>3</sup> )	$S$ (мм)	$r_0$ (мм)	$\delta$	$f$ (МГц)	Тип матеріалу
1	120	30	1,000023	75	3	0,2		0,1	Алюміній
2	100	25	1,000023	100	5	0,3		0,2	Алюміній
3	90	20	1,000023	125	7	0,4		0,5	Алюміній
4	80	15	1,000023	150	9	0,5		1	Алюміній
5	70	10	1,000023	175	11	0,6		10	Алюміній
6	60	5	1,000023	200	13	0,7		100	Алюміній
7	50	2,5	1,000023	225	15	0,8		0,1	Алюміній
8	120	20	0,999912	75	3	0,2		0,2	Мідь
9	100	17	0,	100	5	0,3		0,5	Мідь
10	90	15	0,	125	7	0,4		1	Мідь
11	80	12	0,	150	9	0,5		10	Мідь
12	70	10	0,	175	11	0,6		100	Мідь
13	60	8	0,	200	13	0,7		0,1	Мідь
14	50	5	0,	225	15	0,8		0,2	Мідь
15	120	50	100	75	3	0,2		0,5	Сталь
16	100	40	110	100	5	0,3		1	Сталь
17	90	30	120	125	7	0,4		10	Сталь
18	80	20	130	150	9	0,5		100	Сталь
19	70	10	140	175	11	0,6		0,1	Сталь
20	60	5	150	200	13	0,7		0,2	Сталь
21	50	3	160	225	15	0,8		0,5	Сталь
22	40	2	170	250	17	0,9		1	Сталь

Значення коефіцієнта вихрових струмів для міді, сталі і алюмінію залежно від частоти представлені в таблиці. 2.

**Таблиця 2.** Значення коефіцієнта вихрових струмів для деяких матеріалів

Частота, МГц	Мідь	Сталь	Алюміній
0,10	6,709	23,92	5,17
0,20	9,487	33,82	7,32
0,50	15,00	53,47	11,56
1,00	21,21	75,61	16,35
10,00	67,09	239,20	51,72
100,00	212,10	756,10	163,50

### 3.2. Розрахунок показників ефективності екранування приміщень подвійним сітчатим екраном

#### Задача 2.

Розрахувати ефективність екранування приміщень, якщо екрануюча сітка подвійна і виконана із міді (сталі, алюмінію) згідно варіанту завдання. Розрахунок додаткового екрану здійснюється у відповідності до параметрів заданих таблицею 3.

**Таблиця 3.** Значення параметрів для розрахунку

№ з/п	R <sub>з</sub> (Ом)	R <sub>о</sub> (Ом)	μ	V (М <sup>3</sup> )	S (мм)	r <sub>0</sub> (мм)	δ	f (МГц)	Тип матеріалу
1	120	19	0,999912	75	3	0,2		0,2	Мідь
2	100	11	0,	100	5	0,3		0,5	Мідь
3	90	16	0,	125	7	0,4		1	Мідь
4	80	24	0,	150	9	0,5		10	Мідь
5	70	16	0,	175	11	0,6		100	Мідь
6	60	7	0,	200	13	0,7		0,1	Мідь
7	50	9	0,	225	15	0,8		0,2	Мідь
8	120	38	130	75	3	0,2		0,5	Сталь
9	100	25	120	100	5	0,3		1	Сталь
10	90	30	110	125	7	0,4		0,2	Сталь
11	80	44	140	150	9	0,5		0,5	Сталь
12	70	22	150	175	11	0,6		1	Сталь
13	60	5	160	200	13	0,7		10	Сталь
14	50	8	170	225	15	0,8		100	Сталь
15	40	9	190	250	17	0,9		0,1	Сталь
16	120	27	1,00002	75	3	0,2		0,2	Алюміній
17	100	25	1,00002	100	5	0,3		0,5	Алюміній
18	90	22	1,00002	125	7	0,4		1	Алюміній
19	80	15	1,00002	150	9	0,5		0,2	Алюміній
20	70	10	1,00002	175	11	0,6		0,5	Алюміній
21	60	5	1,00002	200	13	0,7		1	Алюміній
22	50	3,3	1,00002	225	15	0,8		10	Алюміній

#### **Рішення**

Ефективність екранування приміщень може бути розрахована точно по формулі:

$$\mathcal{E} = 1 + [(2\pi R_e)/3S] * [1/\{Lg(S/r_0) - 1,5 + \mu/(\sqrt{2}\delta r_0)\}],$$

де R<sub>з</sub> — опір дроту змінному струму; R<sub>о</sub> — опір дроту постійному струму;  
μ — магнітна проникність (для сталі 100–200); S — ширина щілини (вічка);  
r<sub>0</sub> — радіус дроту; δ — коефіцієнт вихрових струмів; R<sub>e</sub> — радіус екрану.

Для прямокутного екрану R<sub>e</sub> визначається з виразом:

$$R_e = \sqrt{\frac{3V}{4\pi}}.$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 19

Коефіцієнт вихрових струмів визначається з виразу:

для міді  $\delta = 21,2 \cdot 10^{-3} \sqrt{f}$ ;

для сталі  $\delta = 75,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{f}$ ;

для алюмінію  $\delta = 16,35 \cdot 10^{-3} \sqrt{f}$ .

Значення коефіцієнта вихрових струмів для міді, сталі і алюмінію залежно від частоти представлені в таблиці. 2.

Ефективність екранування з подвійним сітчастим екраном визначається по формулі:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 \mathcal{E}_2 \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\mathcal{E}_1}\right) \left(1 - \frac{1}{\mathcal{E}_2}\right)},$$

де  $\mathcal{E}_1$  і  $\mathcal{E}_2$  — ефективності екранування внутрішнього і зовнішнього екранів, які обчислюються по приведених вище формулах.

Розміри екранованого приміщення вибирають, виходячи з його призначення, вартості і наявності вільного майдану для його розміщення. Зазвичай екрановані приміщення будують 6–8 м<sup>2</sup> при висоті 2,5–3 м.

#### 4. Виконання роботи

Дослідження здійснюється у відповідності до індивідуального завдання згідно номеру варіанту в класному журналі.

1. Ознайомтесь із завданням на лабораторну роботу.
2. Оберіть варіант виконання та інструмент для розрахунку.
3. Розрахуйте ефективність екранування приміщень суцільним екраном.
4. Розрахуйте ефективність екранування приміщень подвійним сітчастим екраном.
5. Дослідити залежність ефективності екранування від частоти  $f$  ( $\pm 200\%$ ),  $S$  ширини щілини, побудувати графіки, провести їх аналіз.

#### 5. Контрольні запитання

1. Назвіть методи екранування приміщень?
2. Особливості вибору листового матеріалу для екранування приміщень.
3. Особливості застосування листового матеріалу для екранування приміщень.
4. Особливості вибору сітки для екранування приміщень
5. Особливості застосування сітки для екранування приміщень
6. Вплив залізобетонних конструкцій будівель на екрануючі властивості приміщень
7. Чинники будівельних матеріалів, що впливають на звукоізоляційні властивості приміщень. Їх характеристика
8. Параметри звукоізоляції будівельних матеріалів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 45 / 20</i>

## **6. Обробка результатів вимірювань та зміст звіту:**

1. Мета лабораторної роботи;
2. Результати теоретичних розрахунків;
3. Графічні залежності ;
4. Відповіді на контрольні питання;
5. Висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 21

## Лабораторна робота №4

### Дослідження параметрів небезпечного сигналу при попаданні в систему заземлення

#### 1. Мета роботи:

- а) дослідити залежність величини небезпечного сигналу для заземлення з кінцевим значенням величини опору заземлюючих провідників
- б) дослідити залежність величини небезпечного сигналу для заземлення якщо загальна земля служить зворотним дротом для різних контурів
- в) придбання навичок використання прикладного програмного забезпечення для розрахунку послаблення радіохвиль

#### 2. Завдання на лабораторну роботу

2.1. Розрахунок та дослідження залежності величини небезпечного сигналу для заземлення з кінцевим значенням величини опору заземлюючих провідників

2.2. Розрахунок та дослідження залежності величини небезпечного сигналу для заземлення якщо загальна земля служить зворотним дротом для різних контурів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 22

## I. Теоретичні відомості

### 1. Захисне заземлення

Захисне заземлення призначене для виключення поразки обслуговуючого персоналу електричним струмом. Захисне заземлення повинне підтримувати елементи конструкції при одному і тому ж потенціалі, рівному або близькому до потенціалу «землі», і забезпечувати низькоомне навантаження для великих струмів, що виникають в системах при аварійних ситуаціях. Як правило, захисні заземлення повинні мати хороший низькоомний контакт з «землею», тому їх часто називають зовнішніми заземлювачі. Зовнішні заземлювачі здійснюють заземлення силових систем, радіочастотних антен, громовідводів, зтікачів статичної електрики і так далі.

Робочі заземлення включають заземлення силового устаткування (сильноточних ланцюгів) і сигнальне або схемне заземлення, яке забезпечує формування опорного потенціалу, необхідного для роботи електронних схем.

Заземлення екрануючих поверхонь сприяє ослабленню небажаних зв'язків і є складовою частиною системи екранування. Провідні поверхні і електричні з'єднання системи заземлення екранів призначені для протікання зворотних струмів в сигнальних ланцюгах і ланцюгах електроживлення.

### 2. Попадання небезпечного сигналу в систему заземлення

Однією з причин попадання небезпечного сигналу в систему заземлення є наявність електромагнітного поля – носія небезпечного сигналу в місцях розташування елементів системи заземлення. Це електромагнітне поле наводить в розташованій поблизу системі заземлення струм небезпечного сигналу. Аналогічним чином небезпечні сигнали можуть наводитися на ланцюг, що утворюється нульовим дротом, через який струм небезпечного сигналу потраплятиме в систему заземлення і далі в ґрунт. Величина струму небезпечного сигналу в цьому випадку визначатиметься інтенсивністю впливаючого електромагнітного поля, опором ланцюгів заземлення і провідністю ґрунту.

Проникнення небезпечного сигналу в ланцюзі заземлення може бути пов'язане з утворенням, так званих контурів заземлення. Розглянемо два пристрої, сполучені парою провідників, один з яких є сигнальним, а інший служить для протікання зворотних струмів (рис. 1).

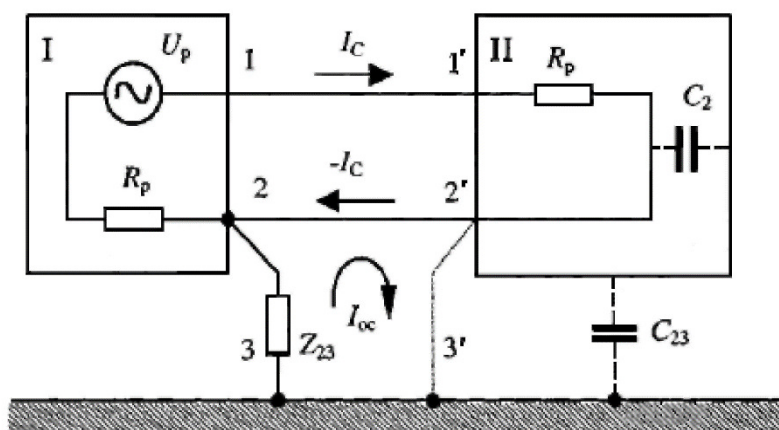


Рис. 1. Приклад заземлення двох пристроїв, сполучені парою провідників

Хай зворотній провідник сполучений з корпусом першого (I) пристрою, а корпус – із землею. Якщо цей провідник сполучений з корпусом другого (II) пристрою, що також має електричний контакт із землею (з'єднання 2'–3'), то утворюється замкнутий провідний контур 2–2'–3'–3–2. Зовнішнє електромагнітне поле джерела небезпечного сигналу наводить в цьому контурі ЕДС, викликаючи протікання струму  $I_{oc}$  який, у свою чергу, створює на ділянці 2–3 падіння напруги  $U_{oc}$  рівне:

$$U_{oc} = I_{oc}Z_{23}, \quad (1)$$

де  $Z_{23}$  – опір ділянки ланцюгу 2–3.

Якщо відсутній провідник 2'–3' або з'єднання провідника 2–2' з корпусом другого пристрою, то можливість утворення контура заземлення повністю не виключається. У цих випадках контур може складатися з провідників 2–2', 3–3', земляної шини і паразитних ємкостей між сигнальним ланцюгом і корпусом другого пристрою  $C_2$  а також між корпусом другого пристрою і землею  $C_{23}$ .

Ще одна причина появи небезпечного сигналу в ланцюзі заземлення пов'язана з кінцевим значенням величини опору заземлюючих провідників. По заземлюючому провідникові протікає зворотній електричний струм небезпечного сигналу (рис. 2).

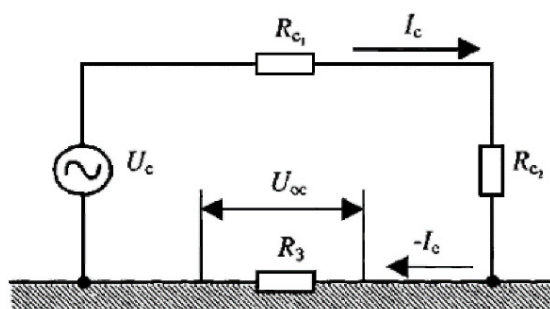


Рис. 2. Приклад заземлення з кінцевим значенням величини опору заземлюючих провідників

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 24

Із-за кінцевого опору  $R_3$  земляної шини на цьому опорі створюється падіння напруги:

$$U_{oc} = \frac{U_c R_3}{R_{c1} + R_{c2} + R_3}, \quad (2)$$

де  $U_{oc}$  – напруга джерела сигналу;  $R_{c1}, R_{c2}$  – внутрішній опір джерела сигналу і опір навантаження відповідно. При  $R_{c1} + R_{c2} \gg R_3$ :

$$U_{oc} \approx \frac{U_c R_3}{R_{c1} + R_{c2}}, \quad (3)$$

Наприклад, при  $R_{c1} = R_{c2} = 100$  Ом,  $R_3 = 10^{-2}$  Ом и  $U_c = 5$  В падіння напруги на опорі  $R_3$  складе:

$$U_{oc} \approx \frac{5 \cdot 10^{-2}}{200} = 250 \text{ мкВ.}$$

Напруга небезпечного сигналу в ланцюзі заземлення буде тим більше, чим більше величина опору  $R_3$ . Просочування інформації за рахунок ланцюгів заземлення може також відбуватися унаслідок того, що загальна земля служить зворотним дротом для різних контурів. Розглянемо ситуацію, представлену на рис. 3.

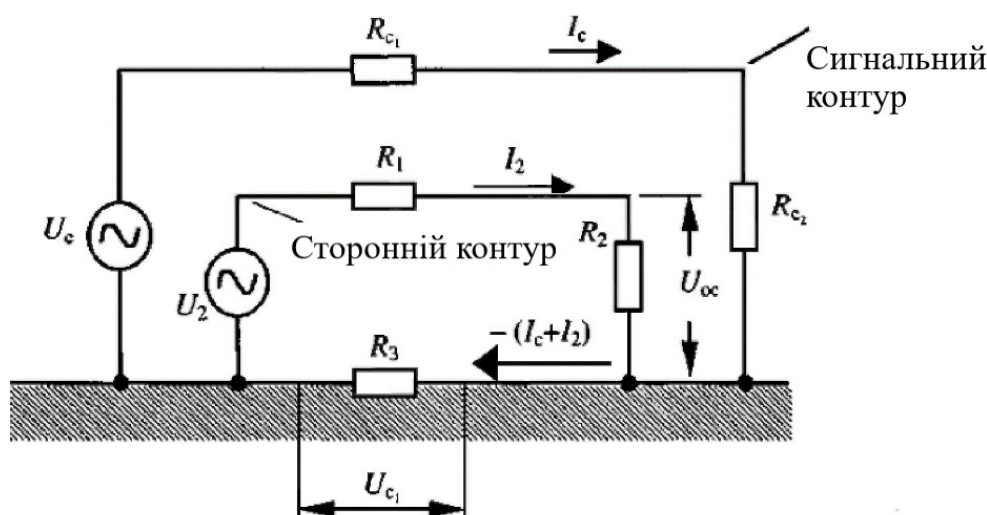


Рис. 3. Приклад ситуації, коли земля служить зворотним дротом для різних контурів

В цьому випадку для двох різних контурів – сигнального і стороннього –  $R_3$  загальна земля є зворотним дротом з еквівалентним опором. На еквівалентному опорі



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 25

землі  $R_3$  виникає падіння напруги за рахунок протікання зворотного струму небезпечного сигналу –  $I_C$ , рівне:

$$U_{C1} = \frac{U_C R_3}{R_{C1} + R_{C2} + R_3} \approx \frac{U_C R_3}{R_{C1} + R_{C2}}, \quad \text{при } R_{C1} + R_{C2} \gg R_3, \quad (4)$$

де  $R_{C1}, R_{C2}$  – внутрішній опір джерела небезпечного сигналу  $U_C$  і опір навантаження в ланцюзі сигнального контура.

На опорі навантаження  $R_2$  стороннього контура має місце падіння напруги  $U_{oc}$  викликане протіканням зворотного струму небезпечного сигналу –  $I_C$  по загальному ланцюгу заземлення, яке рівне:

$$U_{oc} = \frac{U_{C1} R_2}{R_1 + R_2}, \quad \text{при } R_1 + R_2 \gg R_3, \quad (5)$$

де  $R_1$  – внутрішній опір джерела напруги  $U_2$  у ланцюзі стороннього контура. Підставляючи (1) в (2), отримаємо вираз для визначення величини падіння напруги небезпечного сигналу на навантаженні стороннього контура:

$$U_{oc} = \frac{U_C R_2 R_3}{(R_{C1} + R_{C2})(R_1 + R_2)}, \quad (6)$$

Хай, наприклад  $R_{C1} = R_{C2} = 100$  Ом,  $U_C = 5$  В,  $R_1 = 100$  Ом,  $R_2 = 10$  МОм,  $R_3 = 0,2$  Ом

В цьому випадку:

$$U_{oc} = \frac{5 \cdot 0,2 \cdot 10^7}{200 \cdot 10^7} = 5 \text{ мВ},$$

тобто напруга небезпечного сигналу на навантаженні стороннього контура буде достатньо велика.

### 3. Перехоплення електромагнітного поля небезпечного сигналу в ґрунті навколо заземлювача

Можливість просочування інформації, пов'язана з ланцюгами заземлення, обумовлена також наявністю електромагнітного поля небезпечного сигналу в ґрунті навколо заземлювача. Із-за великого загасання, що вноситься ґрунтом, магнітне поле в землю практично не проникає. Електричне поле в землі визначається величиною потенціалу заземлювача і параметрами ґрунту, де відбувається розтікання струму небезпечного сигналу. За допомогою додаткових спеціально встановлених заземлювачів можна здійснити перехоплення небезпечного сигналу.

## 4. Виконання роботи

### 1. Розрахунок та дослідження залежності величини небезпечного сигналу для заземлення з кінцевим значенням величини опору заземляючих провідників

Розрахувати величину напруги на кінцевому опорі  $R_3$  земляної шини якщо:  
внутрішній опір джерела живлення  $R_{C1}=100$  Ом;  
опір навантаження  $R_{C2}=100$  Ом;  
опір земляної шини  $R_3=10^{-2}$  Ом;  
напруга небезпечного сигналу  $U_c=5$ В, рис. 2.

**Рішення:**  $U_{oc} = \frac{U_c R_3}{R_{C1} + R_{C2} + R_3}, U_{oc} \approx \frac{U_c R_3}{R_{C1} + R_{C2}},$

$$U_{oc} \approx \frac{5 \cdot 10^{-2}}{200} = 250 \text{ мкВ.}$$

**Таблиця 1.** Значення параметрів для розрахунку

№ з/п	$R_3$ (Ом)	$R_{C1}$ (Ом)	$R_{C2}$ (Ом)	$U_c$ (В)
1	$1 \cdot 10^{-2}$	121	130	3
2	$2 \cdot 10^{-2}$	132	137	5
3	$6 \cdot 10^{-2}$	143	190	6
4	$3 \cdot 10^{-2}$	154	189	4
5	$0,9 \cdot 10^{-2}$	165	178	7
6	$4 \cdot 10^{-2}$	132	167	8
7	$8 \cdot 10^{-2}$	154	156	2
8	$2 \cdot 10^{-2}$	198	145	3
9	$0,7 \cdot 10^{-2}$	88	134	5
10	$0,1 \cdot 10^{-2}$	120	123	6
11	$1,5 \cdot 10^{-2}$	111	121	4
12	$1,2 \cdot 10^{-2}$	127	112	7
13	$0,4 \cdot 10^{-2}$	176	110	8
14	$1 \cdot 10^{-2}$	165	121	2
15	$0,1 \cdot 10^{-2}$	95	132	3
16	$0,9 \cdot 10^{-2}$	86	143	5
17	$0,8 \cdot 10^{-2}$	117	154	6
18	$2 \cdot 10^{-2}$	125	165	4
19	$1 \cdot 10^{-2}$	120	176	7
20	$3 \cdot 10^{-2}$	90	187	8
21	$0,2 \cdot 10^{-2}$	100	198	2
22	$0,5 \cdot 10$	110	109	5

Дослідити вплив  $R_3$  на величину напруги зворотнього зв'язку  $U_{oc}$ . Побудувати графік залежності  $U_{oc} = f(R_3)$ . Межу зміни величини  $R_3$  вибрати довільно та обґрунтувати.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 27

**Висновок:** Напряга небезпечного сигналу в ланцюзі заземлення буде тим більше, чим більше величина опору  $R_3$ .

## 2. Розрахунок та дослідження залежності величини небезпечного сигналу для заземлення якщо загальна земля служить зворотним дротом для різних контурів

Розрахувати величину напруги на кінцевому опорі  $R_3$ , рис. 3, земляної шини якщо:

внутрішній опір джерела живлення  $R_{C1}=100$  Ом;

опір навантаження  $R_{C2}=100$  Ом;

опір земляної шини  $R_3=10^{-2}$  Ом;

внутрішній опір джерела напруги стороннього контуру  $R_1=100$  Ом;

опір навантаження стороннього контура  $R_2=10$  МОм;

напряга небезпечного сигналу  $U_c=5$ В.

**Рішення:**

$$U_{oc} = \frac{U_c R_2 R_3}{(R_{C1} + R_{C2})(R_1 + R_2)}$$

**Таблиця 1.** Значення параметрів для розрахунку

№ з/п	$R_3$ (Ом)	$R_{C1}$ (Ом)	$R_{C2}$ (Ом)	$U_c$ (В)	$R_1$ (Ом)	$R_2$ (МОм)
1	$1 \cdot 10^{-2}$	121	130	3	165	4
2	$2 \cdot 10^{-2}$	132	137	5	95	7
3	$6 \cdot 10^{-2}$	143	190	6	86	8
4	$3 \cdot 10^{-2}$	154	189	4	117	10
5	$0,9 \cdot 10^{-2}$	165	178	7	125	9
6	$4 \cdot 10^{-2}$	132	167	8	120	8
7	$8 \cdot 10^{-2}$	154	156	2	90	2
8	$2 \cdot 10^{-2}$	198	145	3	100	3
9	$0,7 \cdot 10^{-2}$	88	134	5	110	5
10	$0,1 \cdot 10^{-2}$	120	123	6	134	6
11	$1,5 \cdot 10^{-2}$	111	121	4	123	4
12	$1,2 \cdot 10^{-2}$	127	112	7	121	7
13	$0,4 \cdot 10^{-2}$	176	110	8	112	8
14	$1 \cdot 10^{-2}$	165	121	2	110	2
15	$0,1 \cdot 10^{-2}$	95	132	3	121	3
16	$0,9 \cdot 10^{-2}$	86	143	5	132	5
17	$0,8 \cdot 10^{-2}$	117	154	6	143	4
18	$2 \cdot 10^{-2}$	125	165	4	154	7
19	$1 \cdot 10^{-2}$	120	176	7	165	8
20	$3 \cdot 10^{-2}$	90	187	8	176	2
21	$0,2 \cdot 10^{-2}$	100	198	2	120	5
22	$0,5 \cdot 10^{-2}$	110	109	5	90	11

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 28

Дослідити вплив  $R_3$  на величину напруги зворотнього зв'язку  $U_{oc}$ . Побудувати графік залежності  $U_{oc} = f(R_3)$ . Межу зміни величини  $R_3$  вибрати довільно та обґрунтувати.

Дослідити вплив  $R_2$  на величину напруги зворотнього зв'язку  $U_{oc}$ . Побудувати графік залежності  $U_{oc} = f(R_2)$ . Межу зміни величини  $R_2$  вибрати довільно та обґрунтувати

**Висновок:** напруга небезпечного сигналу на навантаженні стороннього контура буде достатньо велика (мВ).

### 5. Контрольні запитання

1. Що розуміють під заземленням?
2. Що розуміють під захисним заземленням?
3. Що розуміють під зовнішніми заземлювачами?
4. Що розуміють під робочими заземлювачами?
5. Для чого призначене сигнальне або схемне заземлення?
6. Для чого здійснюється заземлення екрануючих поверхонь?
7. Що є першопричиною попадання небезпечного сигналу в систему заземлення?

### 6. Обробка результатів вимірювань та зміст звіту:

1. Мета лабораторної роботи;
2. Результати теоретичних розрахунків;
3. Графічні залежності ;
4. Відповіді на контрольні питання;
5. Висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 29

## Лабораторна робота №5

### Дослідження процесу розпізнавання мовної інформації

#### 1. Мета роботи:

- а) опанувати теоретичних відомостей, щодо витоку інформації по акустичному каналу та методам захисту.
- б) дослідити вплив спектрального рівня акустичного сигналу на послівну розбірливість акустичної мовної інформації.
- в) придбання навичок використання прикладного програмного забезпечення для розрахунку послаблення радіохвиль

#### 2. Завдання на лабораторну роботу

2.1. Розрахунок та дослідження ймовірності послівної розбірливості акустичної мовної інформації.

2.2. Розрахунок та дослідження ймовірності послівної розбірливості акустичної мовної інформації від спектрального рівня акустичного сигналу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 30

## I. Теоретичні відомості

**Акустичною інформацією** називається інформація, носіями якої є акустичні сигнали. У випадку, якщо джерелом інформації є людська мова, акустична інформація називається мовною.

**Технічний канал витоку інформації** - сукупність об'єктів розвідки: технічного засобу розвідки, за допомогою якого видобувається інформація про цей об'єкт, і фізичного середовища, в якому розповсюджується інформаційний сигнал.

**Акустичні канали витоку інформації утворюються за рахунок:**

- поширення акустичних коливань у вільному повітряному просторі;
- дії звукових коливань на елементи і конструкції будівель;
- впливу звукових коливань на технічні засоби обробки інформ.

У **повітряних** технічних каналах витоку інформації середовищем поширення акустичних сигналів є повітря, і для їх перехоплення використовуються мініатюрні високочутливі мікрофони і спеціальні спрямовані мікрофони.

У **вібраційних** технічних каналах витоку інформації середовищем поширення акустичних сигналів є конструкції будівель, споруд (стіни, стелі, підлоги), труби водопостачання, опалення, каналізації та інші тверді тіла. Для перехоплення акустичних коливань в цьому випадку використовуються контактні мікрофони (стетоскопи). Контактні мікрофони, з'єднані з електронним підсилювачем, називають електронними стетоскопами.

**Електроакустичні** технічні канали витоку інформації виникають за рахунок електроакустичних перетворень акустичних сигналів в електричні і включають перехват акустичних коливань через ДТЗС. Володіють "мікрофонним ефектом", а також шляхом "високочастотного нав'язування".

Для кількісної оцінки якості перехопленої мовної інформації найбільш часто використовують показник - словесна розбірливість мовлення "W", під якою розуміється відносна кількість правильно понятих слів. З практичних міркувань може бути встановлена деяка шкала оцінок якості перехопленого розмови:

- перехоплена мовна інформація містить кількість правильно прийнятих слів, яка є достатньою для того, щоб скласти зміст перехопленої розмови.
- перехоплена мовна інформація містить кількість правильно прийнятих слів, яка є достатньою лише складання короткої довідки-анотації, що відображає предмет, проблему, мету і загальний зміст перехопленого розмови.

перехоплена мовна інформація містить окремі правильно зрозумілі слова, що дозволяють встановити предмет розмови.

**Вихідними даними для розрахунку є:**

- $B_s$ , дБ – інтегральний (сумарний) рівень мовного сигналу в смузі частот 100-10000 Гц;
- $N$  – число дискретних смуг спектру сигналу;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 31

- $F_{cp}$ , Гц – середня частота;
- $\Delta_f$ , Гц – ширина смуги;
- $\Delta_i$ , дБ – спектральні рівні параметра артикуляції мови;
- $\omega_i$  – вагові коефіцієнти дискретних смуг;
- $Z_i$ , дБ – коефіцієнти послаблення (загасання)  $i$ -го спектрального рівня мовного сигналу на трасі розповсюдження акустичної хвилі від джерела мови до приймального пристрою;
- $B_{ni}$ , дБ – спектральні рівні шуму в  $i$ -й дискретній смузі спектру сигналу.

### Початкові дані для мовних сигналів з рівнями:

- $B_s = 64$  дБ (тиха мова);
- $B_s = 70$  дБ (мова з середнім рівнем);
- $B_s = 76$  дБ (гучна мова);
- $B_s = 84$  дБ (мова, посилена технічними засобами)

### Розрахунок послівної розбірливості акустичної мовної інформації

- по формулі  $E_i = B_{s_i} - B_{n_i} - Z_i$  знаходимо  $E_i$  – відношення сигнал/шум на вході приймального пристрою мовного сигналу в дискретних смугах спектру;
- підраховуємо різницю  $E_i - \Delta_i$  ;
- розраховуємо  $K_{pi}$  - коефіцієнт розбірливості мови в частотній смузі мовного сигналу

$$K_{pi} = \begin{cases} \frac{0,78 + 5,46 \exp[-0,0043(E_i - \Delta_i + 27,3)^2]}{1 + 10^{-0,1(E_i - \Delta_i)}}, & \text{якщо } E_i - \Delta_i \leq 0, \\ 1 - \frac{0,78 + 5,46 \exp[-0,0043(E_i - \Delta_i + 27,3)^2]}{1 + 10^{-0,1(E_i - \Delta_i)}}, & \text{якщо } E_i - \Delta_i > 0. \end{cases}$$

- знаходимо  $\omega_i K_{pi}$  ;
- розраховуємо  $K_p$  - коефіцієнт розбірливості мови в частотній смузі мовного сигналу

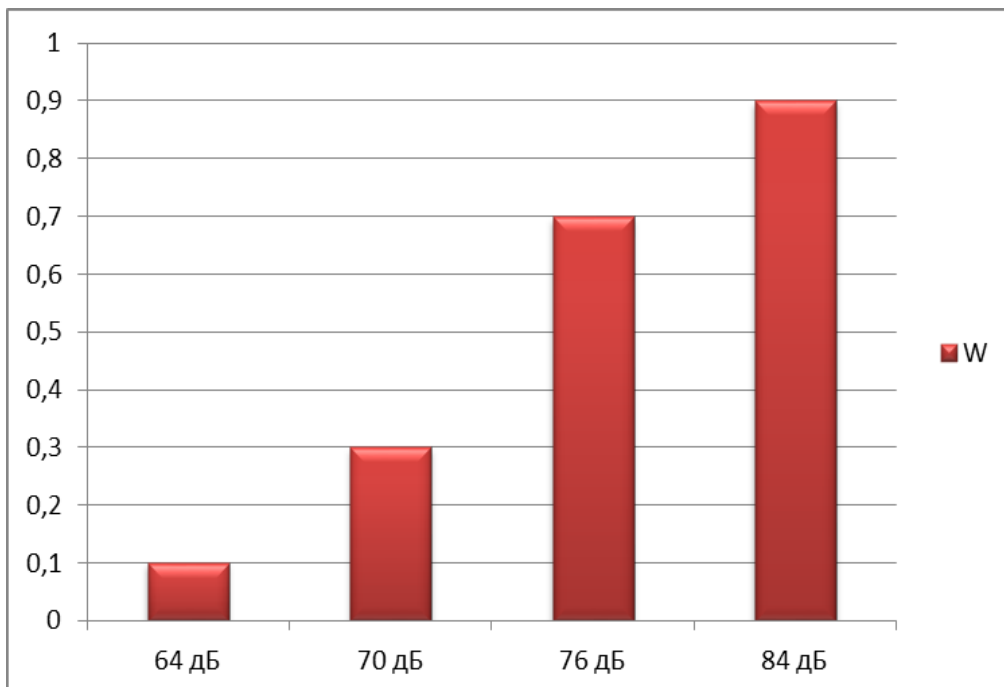
$$K_p = \sum_{i=1}^N \omega_i K_{pi}.$$

розраховуємо послівну розбірливість мови

$$W = \begin{cases} 1,54 p^{0,25} [1 - \exp(-11K_p)], & \text{якщо } K_p < 0,15, \\ 1 - \exp\left(-\frac{11K_p}{1 + 0,7K_p}\right), & \text{якщо } K_p \geq 0,15. \end{cases}$$

Проводимо обчислення для інших значень інтегрального (сумарного) рівня мовного сигналу  $B_s$ , дБ

Будуємо на основі отриманих даних гістограму  $W=f(B_s)$  :



## II. Виконання роботи

Розрахунок параметрів захищеності мовної інформації від витоків по технічних каналах

Варіанти завдань лабораторної роботи представлені в таблиці.

Таблиця

№ варіанту	Початкові дані для розрахунку
1.	Розрахувати по слівну розбірливість мови з інтегральним рівнем $B_s = 64$ дБ, $B_s = 70$ дБ, $B_s = 76$ дБ, $B_s = 84$ дБ при її прослуховуванні в умовах «експоненціального» шуму і проходженні мовного сигналу через середовище з амплітудно-частотною характеристикою, що має підем в околиці 1000 Гц. при представленні спектру мовного сигналу 7 октавними смугами. Початкові дані по октавних смугах і мовному сигналі приймаються з табл. 1,2.
2.	Розрахувати по слівну розбірливість мови з інтегральним рівнем $B_s = 64$ дБ, $B_s = 70$ дБ, $B_s = 76$ дБ, $B_s = 84$ дБ при її прослуховуванні в умовах «розмовно подібного» шуму і проходженні мовного сигналу через середовище з рівномірною амплітудно-частотною характеристикою. Розрахувати по слівну розбірливість при представленні спектру мовного сигналу 7 октавними смугами. Початкові дані по октавних смугах і мовному сигналі приведені в табл. 3,4.
3.	Розрахувати по слівну розбірливість мови з інтегральним рівнем $B_s = 64$ дБ, $B_s = 70$ дБ, $B_s = 76$ дБ, $B_s = 84$ дБ при її прослуховуванні в умовах «експоненціального» шуму і проходженні мовного сигналу через середовище з амплітудно-частотною характеристикою, що має підем в околиці 1000 Гц. при представленні спектру мовного сигналу 20 рівноартикуляційними смугами. Початкові дані по рівноартикуляційним смугам і мовному сигналі приймаються з табл. 5,6.
4.	Розрахувати по слівну розбірливість мови з інтегральним рівнем $B_s = 64$ дБ, $B_s = 70$ дБ, $B_s = 76$ дБ, $B_s = 84$ дБ при її прослуховуванні в умовах «експоненціального» шуму і проходженні мовного сигналу через середовище з амплітудно-частотною характеристикою, що має підем в околиці 1000 Гц. при представленні спектру мовного сигналу 20 рівноартикуляційними смугами. Початкові дані по рівноартикуляційним смугам і мовному сигналі приймаються з табл. 7,8.

Таблиця 1. Характеристики мовних сигналів в октавних смугах



Номер смуги $i$	Границя смуги $f_1-f_2$ , Гц	Середня частота $F_{\text{ср}}$ , Гц	Ширина смуги $\Delta f$ , Гц	$B_s = 64$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 70$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 76$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 84$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	Артикуляційний параметр мови $\Delta_i$	Ваговий коефіцієнт дискретної смуги $\omega_i$
1	87,5-175	125	87,5	38,2	47,2	50,3	58,4	19,3	0,00522
2	175-350	250	175	36,8	42,8	48,8	56,9	14,5	0,02739
3	350-700	500	350	34,3	39,9	46,3	54,2	13,0	0,1131
4	700-1400	1000	700	32,4	38,4	44,2	52,4	11,8	0,21494
5	1400-2800	2000	1400	29,2	35,1	41,0	49,0	11,3	0,30692
6	2800-5600	4000	2800	26,7	32,5	38,4	46,4	10,3	0,25583
7	5600-11200	8000	5600	25,2	31,1	37,1	45,1	9,6	0,07252

Таблиця 2. Початкові дані по спектру мовного сигналу і АЧХ

№ смуги	1	2	3	4	5	6	7
$Z_i$ , дБ	17,3	21,3	24,3	24,3	23,3	22,3	21,3
$B_{ni}$ , дБ	22,2	21,2	20,3	19,5	18,8	18,2	17,7

Таблиця 3 Характеристики мовних сигналів в октанових смугах

Номер смуги $i$	Границя смуги $f_1-f_2$ , Гц	Середня частота $F_{\text{ср}}$ , Гц	Ширина смуги $\Delta f$ , Гц	$B_s = 64$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 70$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 76$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 84$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	Артикуляційний параметр мови $\Delta_i$	Ваговий коефіцієнт дискретної смуги $\omega_i$
1	87,5-175	125	87,5	35,6	41,6	47,6	55,6	17,6	0,00522
2	175-350	250	175	36,2	42,2	48,2	56,2	18,2	0,02739
3	350-700	500	350	34,5	40,5	46,5	54,5	14,6	0,1131
4	700-1400	1000	700	27,0	33,0	39,0	47,0	9,8	0,21494
5	1400-2800	2000	1400	18,5	24,5	30,5	38,5	6,9	0,30692
6	2800-5600	4000	2800	10,5	16,6	22,6	30,6	4,8	0,25583
7	5600-11200	8000	5600	4,5	10,5	16,5	24,5	2,6	0,07252

Таблиця 4 Початкові данні по спектру мовного сигналу і АЧХ середовища розповсюдження

№ смуги	1	2	3	4	5	6	7
$Z_i$ , дБ	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
$B_{ni}$ , дБ	43,6	44,2	42,5	35,0	26,5	18,6	12,5

Таблиця 5. Характеристики мовних сигналів в рівноартикуляційних смугах

Номер смуги $i$	Границя смуги $f_1-f_2$ , Гц	Середня частота $F_{\text{ср}}$ , Гц	Ширина смуги $\Delta f$ , Гц	$B_s = 64$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 70$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 76$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	$B_s = 84$ дБ Спектральний рівень сигналу $B_{st}$	Артикуляційний параметр мови $\Delta_i$	Ваговий коефіцієнт смуги $\omega_i$
1	100-420	250	320	35,1	44,3	47,3	55,5	17,7	0,00090669

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015								Ф-22.06-05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1								Арк 45 / 34

2	420-570	500	150	33,8	39,8	45,8	53,8	12,5	0,0015757
3	570-710	650	140	31,2	37,2	43,2	51,9	12,1	0,0027382
4	710-865	800	155	29,2	35,2	41,3	51,6	9,8	0,0057584
5	865-1030	950	165	28,0	32,0	38,1	49,0	9,1	0,0072691
6	1030-1220	1125	190	23,4	29,3	35,4	43,4	8,4	0,01437
7	1220-1410	1300	190	22,1	28,0	34,0	42,0	7,7	0,026754
8	1410-1600	1500	190	20,6	26,6	32,6	40,6	7,0	0,038462
9	1600-1780	1700	180	19,6	25,6	31,6	39,6	6,5	0,048091
10	1780-1960	1875	180	18,9	24,8	30,7	38,7	6Д	0,059233
11	1960-2140	2050	180	16,9	22,8	28,8	36,8	5,8	0,06153
12	2140-2320	2225	180	15,4	21,4	27,4	35,4	5,5	0,074174
13	2320-2550	2425	230	14,1	20,0	26,2	34,0	5,2	0,085752
14	2550-2900	2725	350	13,4	19,3	25,3	33,3	4,9	0,09419
15	2900-3300	3100	400	11,8	17,8	23,9	31,7	4,6	0,10697
16	3300-3660	3500	360	10,7	16,8	22,8	30,9	4,3	0,11179
17	3660-4050	3850	390	9,1	15,1	22,2	30,1	4,1	0,097688
18	4050-5010	4550	960	8,6	14,6	20,6	28,6	3,6	0,076352
19	5010-7250	6150	2240	7,8	11,9	17,9	25,8	3,0	0,052398
20	7250-10000	8600	2750	3,6	9,6	15,5	23,7	2,5	0,031744

Таблиця 6. Початкові дані по спектру мовного сигналу і АЧХ

№ смуги	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Z_i$ , дБ	11,3	13,3	15,3	17,3	21,3	24,3	24,3	23,3	22,3	21,3
$V_{ni}$ , дБ	30,3	25,3	23,3	22,2	21,2	20,3	19,5	18,8	18,2	17,7
№смуги	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$Z_i$ , дБ	21,3	20,3	19,3	18,3	17,3	16,3	15,3	14,3	13,3	12,3
$V_{ni}$ , дБ	17,3	16,9	16,5	16,0	15,5	15,0	14,6	13,9	12,9	11,9

Таблиця 7. Характеристики мовних сигналів в рівноартикуляційних смугах

Номер смуги $i$	Границя смуги $f_i$ - $f_i$ , Гц	Середня частота $F_{cp}$ , Гц	Ширина смуги $\Delta f$ , Гц	$V_s = 64$ дБ Спектральний рівень сигналу $V_{si}$	$V_s = 70$ дБ Спектральний рівень сигналу $V_{si}$	$V_s = 76$ дБ Спектральний рівень сигналу $V_{si}$	$V_s = 84$ дБ Спектральний рівень сигналу $V_{si}$	Артикуляційний параметр мови $\Delta_i$	Ваговий коефіцієнт смуги $\omega_i$
1	100-420	250	320	36,2	45,2	48,2	56,2	18,2	0,00090669
2	420-570	500	150	34,9	40,9	46,9	54,9	13,4	0,0015757
3	570-710	650	140	32,2	38,2	44,2	52,2	12,0	0,0027382
4	710-865	800	155	30,3	36,3	42,3	50,3	10,9	0,0047584
5	865-1030	950	165	27,0	33,0	39,0	47,0	10,1	0,0082691
6	1030-1220	1125	190	24,4	30,4	36,4	44,4	9,4	0,01437
7	1220-1410	1300	190	23,0	29,0	35,0	43,0	8,7	0,026754
8	1410-1600	1500	190	21,6	27,6	33,6	41,6	8,0	0,038462
9	1600-1780	1700	180	20,6	26,6	32,6	40,6	7,5	0,048091
10	1780-1960	1875	180	19,8	25,8	31,8	39,8	7Д	0,059233
11	1960-2140	2050	180	17,9	23,9	29,9	37,9	6,8	0,07153
12	2140-2320	2225	180	16,4	22,4	28,4	36,4	6,5	0,084174
13	2320-2550	2425	230	15,0	21,0	27,0	35,0	6,2	0,095752
14	2550-2900	2725	350	14,3	20,3	26,3	34,3	5,9	0,10419
15	2900-3300	3100	400	12,9	18,9	24,9	32,9	5,5	0,10697
16	3300-3660	3500	360	11,8	17,8	23,8	31,8	5,2	0,10179
17	3660-4050	3850	390	11,1	17,1	23,1	31,1	5,0	0,087688
18	4050-5010	4550	960	9,6	15,6	21,6	29,6	4,6	0,066352
19	5010-7250	6150	2240	6,9	12,9	18,9	26,9	4,0	0,042398
20	7250-10000	8600	2750	4,6	10,6	16,6	24,6	3,5	0,021744

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 35

**Таблиця 8. Початкові дані по спектру мовного сигналу і АЧХ**

№ смуги	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Z_i$ , дБ	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
$V_{ni}$ , дБ	44,2	42,9	40,2	38,3	35,0	32,4	31,0	29,6	28,6	27,8
№смуги	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$Z_i$ , дБ	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
$V_{ni}$ , дБ	25,9	24,4	23	22,3	20,9	19,8	19,1	17,6	14,9	12,6

### 5. Контрольні запитання

1. Що розуміють під звуковим тиском?
2. Що розуміють під силою (інтенсивністю) звуку?
3. Що розуміють під рівнем сили звуку?
4. Що розуміють під порогом чутності?
5. Що розуміють під гучністю звуку?
6. Що розуміють під динамічним діапазоном?
7. Дати класифікацію акустичних каналів витоку інформації.
8. Пояснити принципи та природу утворення акустичних каналів витоку інформації.
9. Пояснити принципи та способи перехоплення акустичної інформації з допомогою технічних засобів.

### 6. Обробка результатів вимірювань та зміст звіту:

1. Мета лабораторної роботи;
2. Результати теоретичних розрахунків;
3. Графічні залежності ;
4. Відповіді на контрольні питання;
5. Висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 36

## Лабораторна робота №6

### Дослідження можливостей програмного забезпечення DigiScan EX широкосмугового приймача AR8200

#### 1. Мета роботи:

- а) Дослідити можливості програмного забезпечення DigiScan EX.
- б) Оцінити потенційні можливості ширококутового приймача AR8200.

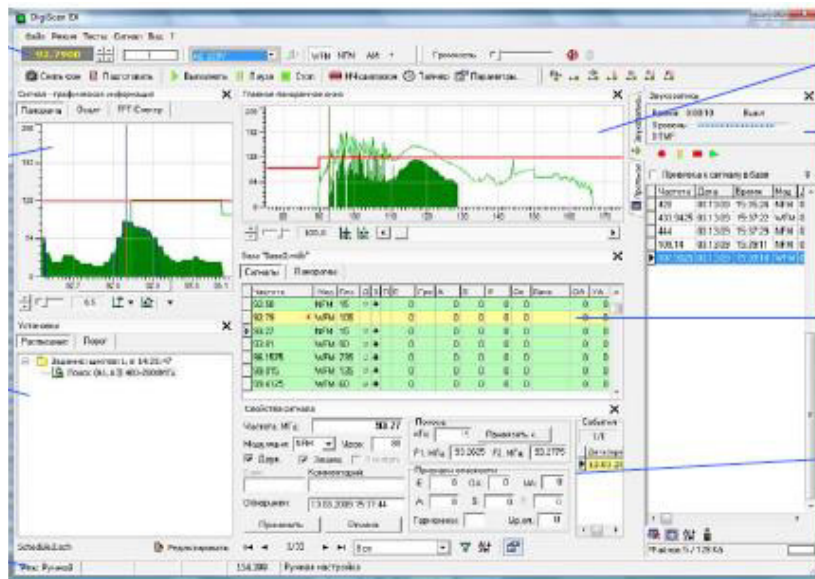
#### 2. Завдання на лабораторну роботу

- 2.1. Проведення сканування заданого діапазону частот.
- 2.2. Дослідження можливості DigiScan EX щодо пошуку сигналів певної модуляції.
- 2.3. Дослідження можливості DigiScan EX щодо аналізу частотного діапазону.

#### 3. Теоретичні відомості

DigiScan EX розкриває можливості Вашого скануючого приймача і дозволяє виробляти пошукове захід на професійному рівні:

- Програмне забезпечення містить широкий набір алгоритмів пошуку та обробки сигналів.
- Під час пошуку проводиться загальне і уточнююче сканування, що забезпечує точне вимірювання середньої частоти сигналу.
- Алгоритм аналізу спектра якісно виділяє сигнали з одержуваних даних
- При пошуку може використовуватися багатосекторний поріг, еталонна панорама або комбінація порога і панорами
- Режим зняття фону дозволяє заносити в базу «дружні сигнали» і знімати панорами для подальшого використання під час пошуку
- Вбудований мікрофон і режими кореляції дозволяють автоматично класифікувати сигнали по рівню небезпеки, як в пасивному, так і активному режимі
- Ядро бази даних Microsoft Access забезпечує великі можливості обробки даних - фільтрацію, сортування, роботу із записами, формування звітів для друку або в PDF-файл
- Може вестися автоматична звукозапис виявлених сигналів
- Функції радіомоніторингу дозволяють виробляти сканування з довільним кроком і модуляцією, програмувати умови продовження і виробляти автоматичну звукозапис



#### 4. Виконання роботи

1. Підключіть радіоприймач до комп'ютера.
2. Дослідіть можливості широкосмугового приймача AR 8200 (або іншого).
3. Встановіть програму DigiScan EX на ноутбучі.
4. Дослідіть можливості щодо сканування певного діапазону частот у залежності від виставленого рівня порогу.
5. Дослідіть можливості щодо сканування певного діапазону частот у залежності від виставленого виду модуляції.
6. Дослідіть можливості щодо роботи з базою даних.

#### 5. Контрольні запитання

1. Призначення програму DigiScan EX.
2. Призначення широкосмугового приймача AR 8200.
3. Можливості DigiScan EX щодо сканування певного діапазону частот.
4. Можливості широкосмугового приймача AR 82005. Особливості сканування частотного діапазону.

#### 6. Обробка результатів вимірювань та зміст звіту:

1. Мета лабораторної роботи;
2. Інтерфейс програми DigiScan EX;
3. Скріншоти виконання роботи по пунктах;
4. Висновки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 38

## Лабораторна робота №7

### Дослідження можливостей програмного забезпечення SDR sharp з SDR радіоприймачем Hack RF

#### 1. Мета роботи:

1. Дослідити можливості програмного забезпечення SDR sharp.
2. Оцінити потенційні можливості широкосмугового приймача Hack RF.

#### 2. Завдання на лабораторну роботу

- 2.1. Проведення сканування заданого діапазону частот.
- 2.2. Дослідження можливості SDR sharp щодо пошуку сигналів певної частоти та модуляції.
- 2.3. Дослідження можливості Hack RF щодо аналізу частотного діапазону.

#### 3. Теоретичні відомості

Програмно визначена радіосистема (англ. Software-defined radio, SDR) – радіопередавач та/або радіоприймач, що використовує технологію, що дозволяє за допомогою програмного забезпечення встановлювати або змінювати робочі радіочастотні параметри, включаючи, зокрема, діапазон частот, тип модуляції або вихідну потужність виключенням зміни робочих параметрів, що використовуються під час звичайної попередньо визначеної роботи з попередніми установками радіопристрою, відповідно до тієї чи іншої специфікації або системи.

Програмно визначена радіосистема виконує значну частину цифрової обробки сигналів на звичайному персональному комп'ютері або ПЛІС. Метою такої схеми є радіоприймач або радіопередавач довільних радіосистем, що змінюється шляхом програмної переконфігурації (звідси походить альтернативне найменування таких систем - програмно-конфігуровані).

Яке залізо вибрати для SDR. Побутових (аматорських) SDR, які можна просто купити в магазині, багато: Funcube Dongle, RTL-SDR, USRP, OsmoSDR, BladeRF, HackRF, AirSpy, пристрої LimeSDR USB Type-A та інші. Одним із найпопулярніших пристроїв є HackRF. Цей пристрій має великий діапазон підтримуваних частот, а також прийнятна (порівняно з деякими іншими моделями) ціна.

HackRF One, рис. 7.1, має характеристики:

- Діапазон частот: **1 MHz – 6 GHz**
- Смуга пропускання: **8-20 MHz**
- Дискретизація: **8 – 20 Msps**
- Напівдуплексний ресівер
- Увеличение модности приёма и передачи, а также фильтр частот настраивается программно
- Інтерфейс хоста: **USB 2.0**
- Операційні системи: **Windows, Linux, Mac.**
-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 39

Як можна побачити, пристрій досить повільний інтерфейс USB 2.0, а також частота пропускання тільки 20 MHz, тобто це не самий «ТОП». Але для цього вистачить. До того ж останнім часом на пристрій сильно знизилася ціна. І ще, хоча в характеристиках зазначена частота, що підтримується 1 MHz - 6 GHz, але можна вийти за цей діапазон. Цей пристрій має прошивку з відкритим вихідним кодом. Воно сумісне з GNU Radio, SDR# та іншими програмами. Хороша сумісність із Linux.

### Запобіжні заходи для HackRF

Не можна запускати прийом або передачу даних без підключеної антени! Це дуже важливо, оскільки прилад не контролює, чи антена під'єднана і в будь-якому випадку під навантаженням подає електрику, тому без антени HackRF може просто згоріти.

Або замість антени використовуйте заглушку – мається на увазі не пластикові червоні заглушки, які захищають від пилу, а заглушку з функцією споживання навантаження – золотиста «гайка», яка наворачується на гніздо антени.

У приладі три однакові SMA female роз'єми: два на одній стороні і один на іншій стороні. Роз'єм для антени це той, який розташований один (інші два призначені для синхронізації кількох пристроїв HackRF).



Рисунок 7.1

Екран SDR sharp для роботи з HackRF наведено на рис. 7.2

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 40

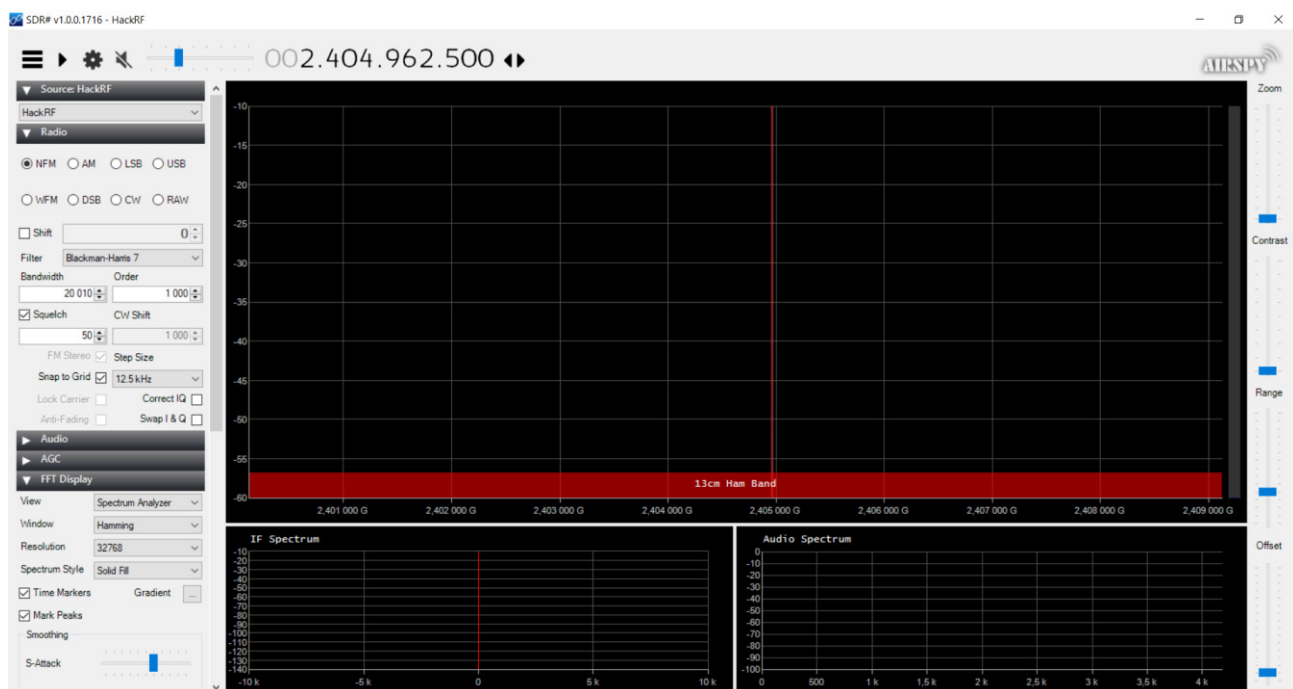


Рисунок 7.2

#### 4. Виконання роботи

1. Прикрутіть антену до Hack RF.
2. Підключіть Hack RF за допомогою USB до комп'ютера.
3. Дослідіть можливості широкосмугового радіоприймача Hack RF.
3. Встановіть програму SDR sharp на ноутбучі.
4. Дослідіть можливості щодо сканування певного діапазону частот у залежності від виставлених параметрів ширини смуги пропускання, типу антени, рівня підсилення сигналу, виставленого виду модуляції.
6. Виміряйте в ручному та автоматичному режимі параметри 3-х радіовипромінювань в різних частотних діапазонах за індивідуальним завданням.

#### 5. Контрольні запитання

1. Призначення програму SDR sharp.
2. Призначення широкосмугового приймача Hack RF.
3. Можливості SDR sharp щодо сканування та вимірювання параметрів певного діапазону частот.
4. Можливості широкосмугового приймача AR 8200.
5. Особливості сканування частотного діапазону 1 MHz – 6 GHz.

#### 6. Обробка результатів вимірювань та зміст звіту:

1. Мета лабораторної роботи;
2. Інтерфейс програми SDR sharp;
3. Скріншоти виконання роботи по пунктах;
4. Висновки.



## Лабораторна робота №8

### Створення проекту системи відеоспостереження офісної будівлі

#### 1. Мета роботи

Метою роботи є створення проекту системи відеоспостереження офісної будівлі в САПР IP Video System Design Tool.

#### 2. Короткі теоретичні відомості

IP Video System Design Tool дозволяє швидко знайти оптимальну кількість і розташування камер відеоспостереження, виконати розрахунок системи відеоспостереження, оцінити довжину кабелів і відобразити на плані місцевості або приміщення зони ідентифікації, розпізнавання, детектування на основі щільності пікселів, змоделювати перешкоди в 2D і 3D для виявлення мертвих зон і надати замовнику професійно виглядає ескізний проект системи відеоспостереження, забезпечений результатами тривимірного моделювання. І все це можна зробити віддалено, не виїжджаючи на об'єкт, рис. 8.1.

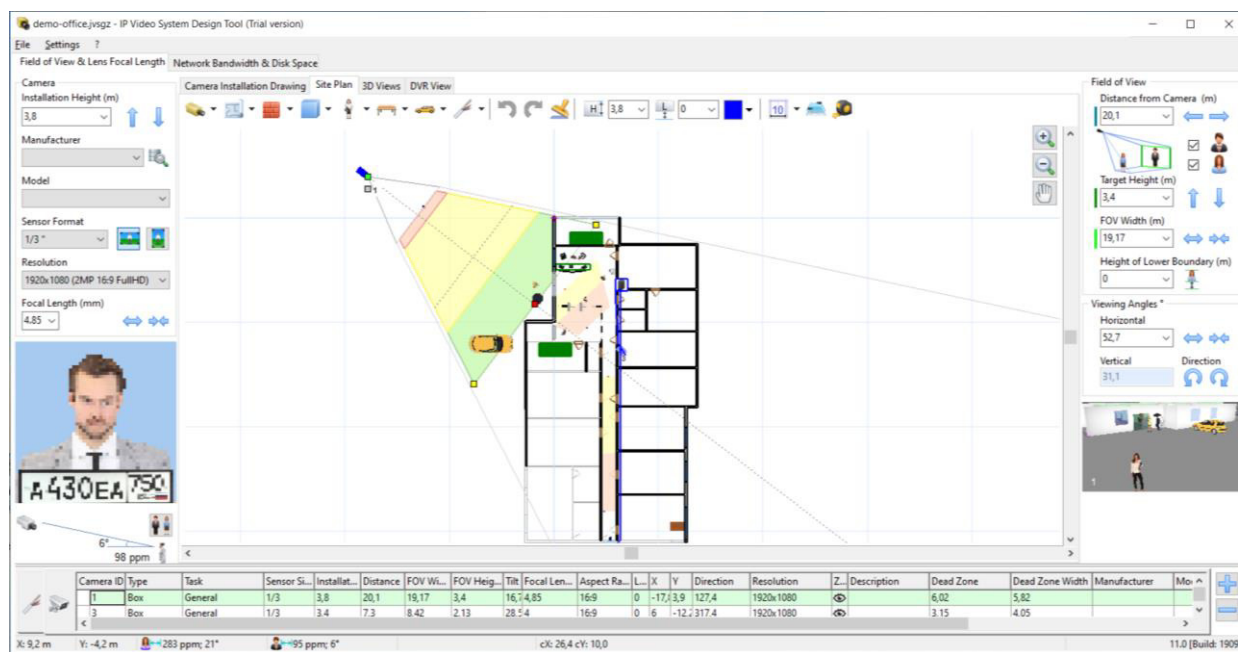


Рисунок 8.1 – план будівлі

У процесі планування і проектування системи відеоспостереження потрібно визначити скільки і яких відеокамер буде потрібно, де і як

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 42

розмістити камери, потрібно визначити зони огляду, розрахувати фокусна відстань об'єктивів і кількість пікселів на метр. При цьому, при збільшенні кута огляду камери зменшується дозвіл спостережуваних об'єктів. Тому проектувальнику або монтажника доводиться шукати баланс між можливістю розпізнавання / ідентифікації людей в кадрі, розміром зони огляду і кількістю і типом встановлених камер.

При цьому існуючі калькулятори об'єктивів не допоможуть визначити ефективність застосування мегапіксельних камер, і не дозволять побачити задалегідь яке зображення в результаті буде бачити оператор системи.

Крім розрахунків пов'язаних підбором камер, вибором об'єктивів і розташуванням, проектувальнику потрібно розрахувати обсяг відеоархіву, а в разі використання IP камер буде потрібно також оцінити навантаження на локальну мережу.

Дана програма спеціально розроблена для установників систем відеоспостереження яким часто не вистачає часу щоб вирішувати розрахункові завдання, виїжджати на об'єкт і ставити досліди на місці.

Програма проста в обігу і при цьому має всі основні функції для планування і проектування відеоспостереження.

Кінцевим замовникам програма буде корисна як для створення грамотного технічного завдання на проектування системи відеоспостереження та ескізного проекту, так і для самостійного проектування.

Для зазначених параметрів установки, програма показує змодельоване зображення з телевізійної камери, і відображає на кресленні за допомогою різних кольорів зони огляду в яких можливо детектування, огляд, розпізнавання або ідентифікація людини або номерного знака.

### 3. Завдання до роботи

1. Створити **новий проект** відео спостереження та розпізнавання облич офісної будівлі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 43

2. Додати в новий проект нові тривимірні моделі: нові моделі людей, 3D моделі для машин, тварини, велосипед, велопарковка, вуличні ліхтарі).

3. Зберегти проект в pdf: File – експорт в pdf – Ок.

В версії 11 дослідити можливості програми:

Проектування Систем розпізнавання номерів: Додано новий тип візуалізації зон: "Автоматичне розпізнавання номерних знаків" і для камери можна задати задачу: розпізнавання номерів в списку камер (Версія Pro). Розпізнавання Осіб - Додано новий тип візуалізації зон: Автоматичне розпізнавання осіб і можливість для камери вибрати однойменну завдання (Pro).

Стіни: можна задавати толщеною стіни. Для обох сторін стіни можна вибрати колір і текстуру. Термальні камери: Новий тип візуалізації зон (Критерій Джонсона). Відстань інфрачервоного підсвічування IR-distance для камер: відображається червоною лінією якщо відстань вказано в базі даних.

Список кабелів: сумарна довжина кабелю по типам відображається праворуч від списку кабелів. Поліпшено функції роботи з базою даних відеокамер (підбір камер за параметрами, потрібно переглядати зображення та параметрів камер, вибір необхідних стовпців, додавання в обрані, редагування, копіювання, відключення непотрібних брендів для більш швидкого завантаження програми).

Камери зняті з виробництва працювати не будуть в базі камер.

Карти Google: можна вводити широту і довготу в адресному рядку.

Інтерфейс (UI): додана кнопка "Коридорний режим" (9:16, 3: 4 ...). Список вибору співвідношень сторін камер прибраний щоб не заплутувати користувача. UI: Підтримка багатомоніторних конфігурацій комп'ютера. Перемикач режиму Повний Екран (клавiша F11) відкриває вікно 3D Віда з панеллю інструментів на другому моніторі. UI: Значення щільності пікселів (пікселів на метр) і кут нахилу мети до камери показаний під Індикатором Густині Пікселів (пікселізованное особа з номерним знаком). UI: Кнопка "Показати / Приховати Зони" додана в панель інструментів на вкладці 3D Вид.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 44

UI: Додана кнопка поруч з "Індикатором щільності пікселів" щоб змінювати номерний знак і 3D моделі в кінці і на початку зони огляду. Можна робити вигнуті паркани і картини (по правій кнопці миші - команда вигнуті). Новий 3D об'єкт: горизонтальний циліндр (висота задається параметром Н). Підтримується формат файлу TIFF для підкладок.

Використати оновлені в базі даних камери Avigilon, AXIS, Hanwha, Hikvision, Interlogic, Panasonic, Uniview. Додані камери Novicam, Luna, Amatek в базу даних камер. Кількість камер в базі даних: більш 8300.

#### 4. Вміст звіту

1. Мета роботи.
2. Збережений проект в pdf.
3. Висновки по роботі.

#### 5. Контрольні запитання

1. До складу даної програми входить графічний блок моделювання зон огляду відеокамер, що враховує висоту установки камери і відображає зони детектування, розпізнавання, ідентифікації людей на основі розрахунку ...?
2. До складу програми входить ...?
3. Підтримується можливість завантаження планів приміщення або карт місцевості в форматах PDF, JPEG, BMP, PNG і ..... в версії Pro.
4. У якій версії програма дозволяє завантажувати власні тривимірні моделі в популярному відкритому форматі Collada (файли з розширенням DAE) або в форматі OBJ.
5. Що таке розрізнення відеокамер, фокусна відстань об'єктива, як розрахувати кут огляду відеокамери і вибрати оптимальне розміщення відеокамер на плані приміщення або карти місцевості?
6. Що дозволяє розраховувати калькулятор IP камер?
7. Програма підтримує експорт проекту в форматі ...?
8. Проектувальник може легко обмінюватися проектами і зображеннями, отриманими в програмі за допомогою функції ...?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/2/172.00.1/М /ОК9-2022
	Екземпляр № 1	Арк 45 / 45

## *Література*

1. Барило Г.І., Вісьтак М.В., Готра З.Ю., Лесінський В.В., Політанський Л.Ф. Електронні елементи та пристрої систем безпеки й охорони: Навчальний посібник. – За ред. Готри З.Ю. – Чернівці: Рута, 2017. – 216 с.
2. Гребенюк А.М. Основи управління інформаційною безпекою: навч. посібник / А.М. Гребенюк, Л.В. Рибальченко. Дніпро: Дніпроп. держ. унт внутріш. справ, 2020. – 144 с.
3. Лизанчук В. Інформаційна безпека України: теорія і практика: навч. посібник / В. Лизанчук. Львів: ЛНУ, 2017. – 728 с. ISBN: 978-617-10-0389-7
4. Поповський В.В., Персіков А.В. Захист інформації в телекомунікаційних системах. Том 1, Том 2. – Харків 2008.
5. Кавун С.В. Інформаційна безпека. Навчальний посібник / С. В. Кавун, В. В. Носов, О. В. Манжай. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. – 352 с.
6. Доктрини «Інформаційної безпеки України» від 25 лютого 2017 року № 47/2017. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/uk-ru/47/2017?lang=uk#Text>