

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/Б /ОК31-2020
	Екземпляр № 1	Арк. 11 / 1

Затверджено науково-методичною радою Державного університету «Житомирська політехніка»
протокол від «__» _____
20__ р. №__

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для проведення практичної роботи №3
з навчальної дисципліни
«ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ»

для студентів освітнього рівня «БАКАЛАВР»
денної форми навчання
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітньо-професійна програма «Телекомунікації та радіотехніка»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра біомедичної інженерії та телекомунікацій

Розглянуто і рекомендовано
на засіданні кафедри
біомедичної інженерії та
телекомунікацій
протокол від «__» _____ 20__ р.
№__

Розробник: к.т.н., доц. доцент кафедри біомедичної інженерії та
телекомунікацій
Дубина О.Ф.

Житомир
2020 – 2021 н.р.

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/Б /ОКЗ1-2020
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 2

Практична робота №5

Дослідження ймовірності послівного 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/Б /ОК31-2020
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 3

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.

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/Б /ОК31-2020
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 4

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;
- F_{cp} , Гц – середня частота;
- Δ_f , Гц – ширина смуги;
- Δ_i , дБ – спектральні рівні параметра артикуляції мови;
- ω_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

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

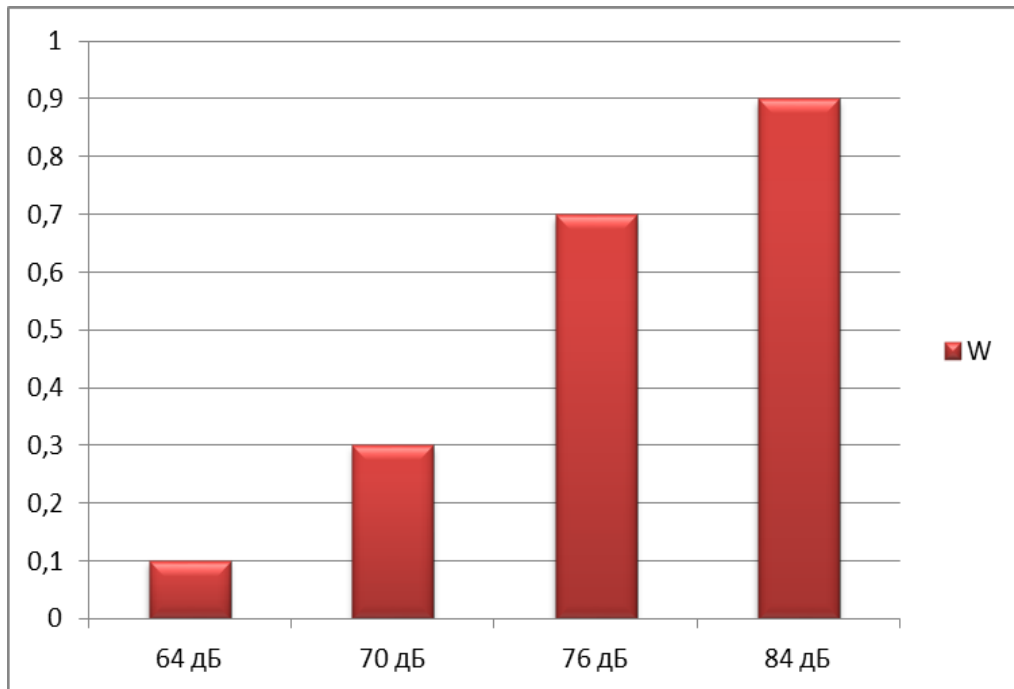
розраховуємо послівну розбірливість мови

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

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/Б /ОК31-2020
	Екземпляр № 1 Арк. 11 / 5	

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

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/Б /ОК31-2020
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 6

Розрахунок параметрів захищеності мовної інформації від витоку по технічних каналах

Варіанти завдань лабораторної роботи представлені в таблиці. 1

Таблиця 1

№ 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 сигналу 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 рівноартикуляційних смугах 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 рівноартикуляційних смугах і мовному сигналі приймаються з табл. 7,8.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06- 05.02/172.00.1/Б /ОК31-2020
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 7

Таблиця 1. Характеристики мовних сигналів в октанових смугах

Номер смуги i	Границя смуги f_1-f_2 , Гц	Середня частота F_{cp} , Гц	Ширина смуги Δf , 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 Δ_i	Ваговий коефіцієнт дискретної смуги ω_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
V_{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_{cp} , Гц	Ширина смуги Δf , 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 Δ_i	Ваговий коефіцієнт дискретної смуги ω_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
V_{ni} , дБ	43,6	44,2	42,5	35,0	26,5	18,6	12,5

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/Б /ОК31-2020
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 8

Таблиця 5. Характеристики мовних сигналів в рівноартикуляційних смугах

Номер смуги i	Границя смуги $f_{гг}$, Гц	Середня частота F_{cp} , Гц	Ширина смуги Δf , 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 Δ	Ваговий коефіцієнт смуги ω_i
1	100-420	250	320	35,1	44,3	47,3	55,5	17,7	0,00090669
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
B_{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
B_{ni} , дБ	17,3	16,9	16,5	16,0	15,5	15,0	14,6	13,9	12,9	11,9

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/Б /ОК31-2020
	Екземпляр № 1	Арк 11 / 9

Таблиця 7. Характеристики мовних сигналів в рівноартикуляційних смугах

Номер смуги i	Границя смуги f_1-f_2 , Гц	Середня частота F_{cp} , Гц	Ширина смуги Δf , 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 Δ	Ваговий коефіцієнт смуги ω_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

Таблиця 2. 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
B_{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
B_{ni} , дБ	25,9	24,4	23	22,3	20,9	19,8	19,1	17,6	14,9	12,6

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/Б /ОКЗ1-2020
	Екземпляр № 1	Арк. 11 / 10

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:

мета лабораторної роботи;
результати теоретичних розрахунків;
графічні залежності ;
відповіді на контрольні питання;
висновки.

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