

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Паренюк Дмитро Володимирович

УДК 534.771, 612.821.88

ДИСЕРТАЦІЯ
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ВИКЛИКАНОЇ ОТОАКУСТИЧНОЇ
ЕМІСІЇ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ СЛУХУ, ВИЗНАЧЕНИХ
ЗАСОБАМИ АУДИОЛОГІЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СЛУХУ
БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

171 Електроніка

Електроніка та телекомунікації

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ /Паренюк Д.В.

Науковий керівник Найда Сергій Анатолійович, доктор технічних наук,
професор

Київ-2021

АНОТАЦІЯ

Паренюк Д.В. Дослідження зв'язку викликаної отоакустичної емісії та властивостей слуху, визначених засобами аудіології для дослідження слуху біологічних об'єктів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 171 «Електроніка». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», МОН України, Київ, 2021.

В дисертації показано наступні вперше отримані наукові результати:

1. Проведено огляд сучасних результатів застосування отоакустичної емісії для оцінки стану слуху біологічного об'єкту та результатів використання електроенцефалограм для оцінки направленої психофізичного впливу на стан людини під час проведення музичної терапії.

2. Вперше було отримано коефіцієнт для оцінки якості проведення тесту слуху об'єктивними та суб'єктивними методами.

3. За результатами виконаного дослідження було оцінено новий перспективний критерій для нормалізації отриманих результатів дослідження стану слуху біологічного об'єкту за допомогою отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення. Вперше було застосовано даний результат для нормалізації результатів дослідження стану слуху морських свинок та було проведено порівняльний аналіз результатів застосування критерію нормалізації отриманих результатів дослідження стану слуху як для одиничних результатів, так і для їх груп

4. Експериментальним шляхом було досліджено вплив акустичного сигналу складної форми на психоемоційний стан людини, вперше було оцінено направлений акустичний вплив на людей, що знаходяться під пролонгованою дією негативних психоемоційних факторів. Було показані результати одночасного комбінованого (терапевтичного та травмуючого) впливу психоемоційних факторів на біологічний об'єкт у потужнісному діапазонах та

визначено можливість використання дельта-ритму електроенцефалограми як маркера стресового впливу на біологічний об'єкт.

5. Обґрунтовано можливість застосування вибірок малого розміру для оцінки змін у електроенцефалограмі, викликаних суперпозицією діючих психоактивних факторів при використанні у якості маркера дельта-ритм електроенцефалограми. Додатково оцінено необхідні мінімальні розміри вибірок при оцінці результатів використання решти зареєстрованих впливів.

6. Вперше сформульовано комплекс вимог до процедури проведення комплексної психонаправленої акустичної терапії в умовах впливу стресового фактору.

Дисертаційна робота базується на аналізі результатів, отриманих під час проведення дослідження стану слуху біологічного об'єкту шляхом використання отоакустичної емісії – шляхом використання нормалізуючого критерію та проведення статистичного та порівняльного аналізу наслідків його застосування; застосуванні коефіцієнту оцінки якості проведення тесту слуху об'єктивними та суб'єктивними методами; оцінці результатів експозиції біологічного об'єкту до суперпозиції різних за природою психоактивних факторів - музичної терапії та стресового фактору та пошуку нових критеріїв для визначення характеру названого впливу.

Зміст дисертаційного дослідження викладено у чотирьох розділах, у об'ємі яких представлені результати дослідження, та у вступі.

У вступі пояснена наукова новизна роботи, було сформульовано мету та предмет дисертаційної роботи, описано застосовувані методи дослідження, перелічені поставлені перед дослідженням завдання. Окрім того було приведено відомості про актуальність та практичне значення результатів дисертації.

В першому розділі подано аналітичний огляд літератури, в обсязі якого показано сучасний стан проблемних областей – дослідження стану слуху шляхом застосування отоакустичної емісії, музичної терапії та енцефалографії,

а також статистичної обробки результатів дослідження. Також сформульовано наявні шляхи подальшого розгляду проблемних питань дослідження.

Другий розділ показує зв'язок між об'єктивними та суб'єктивними методами аудіології та приводить відомості про перспективний критерій оцінки точності проведення дослідження стану слуху біологічного об'єкту та приводить статистичний аналіз його застосування. У вказаному аналізі показано наявність статистично значимої різниці між показниками зазначеного критерію у випадках, коли розбіжність у визначеній ширині частотної групи присутня та відсутня.

В третьому розділі приведені результати оцінки нового перспективного критерію для нормалізації отриманих результатів дослідження стану слуху біологічного об'єкту за допомогою отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення під час аналізу результатів дослідження можливості регенерації волосяних клітин у кохлеарі після експозиції їх до дії ототоксичних препаратів. Приведено як порівняльний, так і статистичний аналіз результатів застосування критерію. Досліди були виконані на базі ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О.С. Коломійченка НАМН України», загалом було проведено сорок один дослід. Зазначені результати є продовженням попередньої наукової роботи, що проводилась на базі кафедри Акустичних та Мультимедійних Електронних Систем Національного Технічного Університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Отримані результати показують значну роль критерію у формуванні фінального результату для приведеної бази дослідів. Окрім того на базі проведеної роботи було сформовано алгоритм проведення аналізу подібного масиву експериментальних даних для осіб, що не мають значного рівня підготовки. Окремо показано необхідність проведення багаторівневої перевірки результатів у вибірках на їх відповідність нормальному законові розподілу через необхідність коректного вибору методу встановлення наявності статистично значимої різниці між групами. Також на базі широковживаного програмного пакету Excel створено шаблон для проведення експрес-статистичного аналізу співвідношень між незалежними

вибірками під час використання t-критерію Стьюдента у якості інструменту дослідження.

Четвертий розділ показує результати впливу музичної терапії, що використовує акустичний сигнал складної форми, на психоемоційний стан людини. Встановлено необхідність збільшення часу експозиції респондента до дії акустичного сигналу та узагальнено отримані терапевтичні результати. На базі отриманих експериментальних даних також приведено дослідження впливу суперпозиції діючих факторів активного впливу на стан людини – низькочастотного музичного сигналу та пролонгованого стресового фактору та обґрунтовано можливість застосування у дослідженнях стану людини, що піддавалась зазначеним впливам (або одному із них), вибірок малого розміру. Зазначені дослідження були виконані на базі кафедри Акустичних та Мультимедійних електронних систем та за участі Інституту кардіології імені академіка М. Д. Стражеска НАМН України. Додатково описана процедура встановлення значення клінічно значимої різниці між досліджуваними тестовими групами, яка застосовується у становленні мінімально допустимого розміру досліджуваної вибірки для певного експерименту. Також додатково було досліджено можливість застосування зазначеної процедури для тета-, альфа- та бета- ритмів електроенцефалограми та визначено (у рамках зареєстрованих експериментальних даних) їх необхідні мінімальні розміри вибірок, на базі чого визначено необхідність збільшення кількості експериментів у вибірці при падінні рівня вираженості досліджуваного параметру.

Отримані практичні результати дослідження:

- Алгоритм співставлення результатів дослідження стану слуху, отриманих суб'єктивними та об'єктивними методами дослідження.
- Критерій оцінки якості проведеного дослідження стану слуху – коефіцієнт співвідношення ширини частотних груп.
- Формалізований алгоритм оцінки результатів дослідження стану слуху біологічного об'єкту за допомогою отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення, що використовує t-критерій Стьюдента, критерій

Віллоксона або U-критерій Манна-Уїтні, призначений для застосування персоналом без високого рівня підготовки.

- Методика нормалізації результатів дослідження стану слуху біологічного об'єкту за допомогою отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення за допомогою критерію Соколова.
- Додатковий частотно-залежний критерій оцінки результатів проведення дослідження слуху за допомогою ОАЕПС.
- Алгоритм оцінки результатів дослідження впливу акустичного сигналу на біоелектричну активність головного мозку, призначений для зменшення навантаження на висококваліфікований медичний персонал.
- Комплекс вимог до процедури проведення комплексної психонаправленої акустичної терапії.

Ключові слова: отоакустична емісія, об'єктивна аудіологія, медикаментозний вплив, суб'єктивні методи аудіології, перетворення Фур'є, дельта-ритм, електроенцефалограма, акустичний музичний сигнал, стрес.

SUMMARY

Pareniuk D.V. Investigation of the connection between induced otoacoustic emission and hearing properties determined by audiology for the hearing properties estimation of biological objects. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the degree of Philosophy Doctor, in specialty 171 “Electronics”. - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2021.

The dissertation shows the following first scientific results:

1. A review of the current results of the application of otoacoustic emission to assess the state of hearing of a biological object and a review of the current results of the implementation of electroencephalograms for investigation of the directed psychophysical influence on the human cognition during music therapy were conducted.

2. For the first time, a coefficient, which assesses the quality of the hearing test via usage of the objective and subjective methods was obtained.

3. Based on the results of the study, a new promising criterion for normalization of the results of the study of the state of hearing of a biological object using otoacoustic emission at the frequency of the distortion product was evaluated. This result was used for the first time to normalize the results of a guinea pig hearing test. Also a comparative analysis of the results of the application of the criterion of normalization of the results of the study of hearing channel for both individual results and their groups was conducted.

4. The influence of an acoustic signal of a complex shape on a person's psycho-emotional state was investigated experimentally, for the first time, the directed acoustic effect on people under prolonged exposure to negative psycho-emotional factors was assessed. The results of simultaneous combined (therapeutic and traumatic) influence of psychoemotional factors on a biological object in power range and the possibility of

the usage of the delta rhythm of the electroencephalogram as a marker of stress influence on a biological object were shown.

5. The possibility of the application of small sized samples to assess changes in the electroencephalogram caused by the superposition of acting psychoactive factors when used as a marker delta-rhythm electroencephalogram is substantiated. Required minimum sample sizes for evaluation the results of the usage of the rest of the registered rhythms were calculated.

6. For the first time a set of requirements for the procedure of conducting complex psycho-directed acoustic therapy under the influence of a stress factor has been formulated.

The dissertation is based on the analysis of the results obtained during the study of the state of hearing channel of a biological object by implementation of the otoacoustic emission - by using the normalizing criterion and conducting statistical and comparative analysis of the consequences of its application; application of the coefficient of assessment of the quality of the hearing test by objective and subjective methods; evaluating the results of exposure of a biological object to the superposition of different in nature psychoactive factors - music therapy and stress factor and the search for new criteria to determine the type of this influence.

The content of the dissertation thesis is presented in four sections, the volume of which presents the results of the research, and in the introduction.

The introduction explains the scientific novelty of the work, formulates the purpose and subject of the dissertation, describes the applied research methods, lists the tasks set before the study. In addition, information on the relevance and practical significance of the dissertation results is provided in this part of the thesis.

The first section presents an analytical review of the modern scientific literature sources, which shows the current state of the problem areas - the investigation of the state of the hearing organ of the biological object via the implementation of otoacoustic emission; music therapy and encephalography, as well as statistical processing of

obtained research results. Existing ways of further investigation of problematic research areas are also formulated.

The second section highlights the connection between objective and subjective methods of audiology and provides information on a promising criterion for assessing the accuracy of the analysis of the state of hearing organ of a biological object and provides a statistical analysis of its application. This analysis also shows the presence of a statistically significant difference between the results of the criterion implementation in cases where the difference in a frequency group width is present and absent.

The third section presents the results of the evaluation of a new promising criterion for normalization of the results of the study of the state of hearing loss of a biological object by otoacoustic emission at the frequency of the distortion product during the analysis of the results. Both comparative and statistical analysis of the results of the criterion application are given. The experiments were performed on the basis of the State Institution "Institute of Otolaryngology. prof. O.S. Kolomiychenko National Academy of Medical Sciences of Ukraine ", a total of 41 experiments were conducted. These results are a continuation of previous research work conducted on the basis of the Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". The obtained results show a significant role of the criterion in the formation of the final result for the given base of experiments. In addition, on the basis of this work, an algorithm for analysing such an array of experimental data for individuals who do not have a significant level of training was formed. The need for a multi-level verification of the results in the test samples for their compliance with the normal distribution law is shown separately due to the need to correctly choose the method of establishing the presence of a statistically significant difference between groups. Also based on the widely used Excel software package, a template was created for rapid statistical analysis of the relationships between independent samples via usage of the Student's t-test as a research tool.

The fourth section shows the results of the application of music therapy using a complex acoustic signal on the psycho-emotional state of a person. The necessity of increasing the time of exposure of the respondent to the action of the acoustic signal is established and the obtained therapeutic results are generalized. Based on the obtained experimental data as well a study of the influence of superposition of active factors of continuous influence on the human condition is made - low-frequency musical signal and prolonged stress factor; also was substantiated the possibility of the implementation in studies of the human condition changes via exposure to both these effects (or one of them), small sample sized test groups. These experiments were performed on the base of the Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems and with the participation of the National Scientific Centre "M.D. Strazhesko Institute of Cardiology". Additionally, the procedure for determination of the value of clinically significant difference between the test groups, which is used in the estimation of the minimum allowable sample size for a particular experiment, is explained. The possibility of applying this procedure for theta-, alpha- and beta-rhythms of the electroencephalogram was additionally investigated and their required minimum sample sizes were determined (within the registered experimental data).

The obtained practical results of the study:

- Algorithm for comparing the results of the test of auditory organ, obtained by subjective and objective research methods.
- The criterion for assessing the quality of the study of hearing - the ratio of the width of the frequency groups.
- Formalized algorithm for evaluating the results of the study of the state of hearing of a biological object using otoacoustic emission at the frequency of the distortion product, using Student's t-test, Wilcoxon test or Mann-Whitney U-test, designed for application by partially trained personnel.

- Method of normalization of the results of the study of the state of auditory organ of a biological object via implementation otoacoustic emission at the frequency of the distortion product using the Sokolov criterion.

- Additional frequency-dependent criterion for evaluating the results of a auditory organ test via usage of OAEDP.

- Algorithm for evaluating the results of the study of the effect of acoustic signal on the bioelectrical activity of the brain, designed to reduce the burden on highly qualified medical personnel.

- A set of requirements for the procedure of complex psycho-directed acoustic therapy.

Keywords: otoacoustic emission, objective audiology, medical impact, subjective methods of audiology, Fourier transform, delta rhythm, electroencephalogram, acoustic musical signal, stress.

Список публікацій здобувача

- [1] Д. В. Паренюк, Г. Е. Тімен, К. Л. Руденька, і С. А. Найда, «Дослідження можливості застосування отоакустичної емісії для реєстрації медикаментозного впливу на слуховий канал морських свинок», *Мікросистеми, Електроніка та Акустика*, vol 105, no 4, pp 74–82, 2018, doi: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.2018.23.4.134457>. ISSN: 2523-4455, (фахове видання категорії Б).
- [2] D. V. Pareniuk and S. A. Naida, «The Study of the Possibility of Usage of the Sokolov's Criteria for Assessing the Results of Directed Influence on the Auditory System of a Biological Object», *Microsystems, Electron. Acoust.*, vol 24, no 3, pp 72–78, Чер 2019, doi: 10.20535/2523-4455.2019.24.3.169848. ISSN: 2523-4455, (фахове видання категорії Б).
- [3] Д. В. Паренюк, А. В. Паренюк, К. С. Дрозденко, і С. А. Найда, «Дослідження сукупного впливу стресового фактору та музичного сигналу на психофізичний стан людини», *Мікросистеми, Електроніка та Акустика*, vol 1, no 26, p 9, 2021, doi: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.228179>. ISSN: 2523-4455, (фахове видання категорії Б).
- [4] D. Pareniuk, «Method of evaluation of the minimal sample size for acoustical signal therapy monitored via electroencephalographic activity of human brain», *ScienceRise*, no 2, pp 75–82, 2021, doi: 10.21303/2313-8416.2021.001736. ISSN 2313-8416. (Стаття у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу) - Естонія.
- [5] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, Г. Е. Тімен, і К. Л. Руденька, «Отоакустична емісія як діагностичний метод при експериментальній сенсоневральній приглуховатості», *Журнал вушних, носових і горлових хвороб*, no 5, pp 13–20, 2017, [Online]. Available at: http://www.lorlife.kiev.ua/2017/2017_5_13.pdf. ISSN: 0044-4650, (фахове видання категорії Б).

- [6] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, В. С. Дідковський, і М. С. Найда, «Слуховий апарат», UA135195, 2018, *(патент)*.
- [7] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, В. С. Дідковський, і М. С. Найда, «Спосіб діагностики слуху людини», UA135195, 2019, *(патент)*.
- [8] Д. В. Паренюк, Г. Е. Тімен, К. Л. Руденька, і С. А. Найда, «Використання отоакустичної емісії для оцінки діагностики терапевтичної дії трофіну при експериментальній сенсоневральній приглухуватості», в *Спеціальний випуск “Журнал вушних, носових і горлових хвороб” присвячено роботі Щорічної традиційної осінньої конференції Українського наукового медичного товариства лікарів-оториноларингологів з міжнародною участю “Досягнення сучасної оториноларингології, 2017, р 2, (матеріали конференції)*.
- [9] Д. В. Паренюк і С. А. Найда, «Проблеми комунікації у скринінгу слуху новонароджених», в *Матеріали XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Дні Науки», 2018, р 2, (матеріали конференції)*.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| АНОТАЦІЯ | 2 |
| SUMMARY..... | 7 |
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ | 17 |
| ВСТУП..... | 18 |
| РОЗДІЛ 1 | 29 |
| АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ | 29 |
| 1.1. Аналіз сучасного застосування отоакустичної емісії. | 29 |
| 1.2. Застосування електроенцефалограм при використанні музичної терапії.... | 31 |
| Розділ 2..... | 38 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОЦІНКИ СТАНУ СЛУХУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СУБ'ЄКТИВНИХ І ОБ'ЄКТИВНИХ МЕТОДІВ | 38 |
| 2.1. Загальні теоретичні відомості..... | 38 |
| 2.2. Порівняння ширини частотних груп | 40 |
| 2.3. Критерій оцінки точності дослідження стану слуху | 43 |
| 2.4. Висновки | 50 |
| Розділ 3..... | 51 |
| ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ СЛУХУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ОТОАКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ НА ЧАСТОТІ ПРОДУКТУ СПОТВОРЕННЯ ДЛЯ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ | 51 |
| 3.1. Основні фізичні принципи | 51 |
| 3.2. Загальний опис методів дослідження | 52 |
| 3.3. Опис результатів дослідження..... | 61 |
| 3.4. Вплив застосування критерію на результати окремих експериментів..... | 67 |
| 3.5. Результати аналізу експериментів..... | 104 |
| 3.5.1. Результати застосування критерію у секції № 1 | 104 |

| | |
|--|-----|
| Секція №1 «Гентаміцин» представлена трьома групами дослідів. | 104 |
| 3.5.1.1. Отримані результати для групи №1. | 104 |
| 3.5.1.2. Отримані результати для групи №2. | 107 |
| 3.5.1.3. Отримані результати для групи №3. | 109 |
| 3.5.2. Результати застосування критерію у секції № 6 | 111 |
| 3.5.2.1. Отримані результати для групи №19. | 111 |
| 3.5.2.2. Отримані результати для групи №20. | 114 |
| 3.5.2.3. Отримані результати для групи №21. | 117 |
| 3.5.3. Результати застосування критерію у секції № 7 | 120 |
| 3.5.3.1. Отримані результати для групи №22. | 120 |
| 3.5.3.2. Отримані результати для групи №23. | 123 |
| 3.5.3.3. Отримані результати для групи №24. | 126 |
| 3.6. Оптимізація візуального відображення отриманого результату | 129 |
| 3.7. Висновки | 130 |
| Розділ 4 | 132 |
| ОЦІНЮВАННЯ НАПРАВЛЕНОГО АКУСТИЧНОГО ВПЛИВУ НА КОГНІТИВНІ ЗДІБНОСТІ ЛЮДИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ ІЗ ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ | 132 |
| 4.1 Мета досліджень підрозділу | 132 |
| 4.2 Оцінка загального психофізичного стану людини під час направлено акустичного впливу..... | 133 |
| 4.3 Аналіз відношення вкладу дельта-хвиль головного мозку у його сумарну активність під впливом суперпозиції стимулів..... | 148 |
| 4.4 Аналіз можливості використання вибірок малого розміру для дослідження результатів використання електроенцефалограм | 162 |
| 4.5 Опис нових пропонованих методів проведення дослідження..... | 167 |

| | |
|--|------------|
| 4.6. Висновки | 170 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... | 173 |
| Список використаних джерел..... | 176 |
| ДОДАТОК 1 | 187 |
| ДОДАТОК 2..... | 189 |
| ДОДАТОК А..... | 190 |
| ДОДАТОК Б | 191 |
| ДОДАТОК В..... | 208 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

В/М – внутрішньо-м'язово.

ВОАЕ – викликана отоакустична емісія.

ЗВОАЕ – зворотна викликана отоакустична емісія.

ЕЕГ – енцефалографія.

ЕКГ – електрокардіограма.

Ін/тим – інтратимпально.

Інтра/перит – інтраперитонально.

ОАЕ – отоакустична емісія.

ОАЕПС – отоакустична емісія на частоті продукту спотворення.

РЗТ – рівень звукового тиску.

СЗР - статистично значима різниця.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. На сьогоднішній день, крім збільшення кількості вроджених та набутих в наслідок урбаністичних, епідеміологічних [1] та екологічних проблем хвороб слуху, тривогу викликають ситуації тимчасової або тривалої (постійної) втрати слуху та супутніх захворювань. Вони можуть бути наступними: ідіопатична раптова нейросенсорна втрата слуху, поступова втрата слуху внаслідок підвищених навантажень на слуховий тракт чи вроджені або створені у постнатальному періоді проблеми зі слухом у дітей, зокрема немовлят та інші. Відповідно їх діагностика та лікування вимагає залучення сучасних діагностичних та лікувальних методів, значна частина яких використовує принципи і методи акустики. Крім того, для аналізу стану та якості роботи слухового апарату людини, засоби визначення властивостей слухової системи мають бути спорідненими з засобами досліджень слуху біологічних об'єктів, що само по собі має досягати досконалості та адекватного фізичного тлумачення.

Наразі діагностики та специфічного лікування потребують, як мінімум, 360 мільйонів людей з вадами слуху – набутими та вродженими (з кожної 1000 новонароджених у кожного 5-го є вроджена вада слуху).

Сучасна проблематика свідчить, що є можливість використання ОАЕ для контролю стану слуху у пацієнтів у пост-ковідний період, оскільки вірус може викликати як пряме (віральне), так і вторинне (вторинна інфекція, викликана спричиненим вірусом COVID навантаженням на імунну систему чи цитокіновим штормом) пошкодження волосяних клітин, що може призвести до втрати слуху і проявляється у падінні рівнів відклику ОАЕПС на низьких частотах та викликати тинітус, який може призводити до втрати працездатності.

Як фізичний фактор, сама по собі отоакустична емісія може використовуватись як для контролю стану слуху новонароджених, так і для дослідження впливу отоксичних препаратів.

До причин, що викликають ідіопатичну раптову сенсоневральну втрату слуху, відносяться:

1. Інфекції.
2. Травма голови.
3. Автоімунні захворювання.
4. Вплив певних препаратів, що лікують рак або важкі інфекції.
5. Проблеми з кровообігом.
6. Неврологічні розлади, такі як розсіяний склероз.
7. Розлади внутрішнього вуха.

Тому є необхідність розширювати як охоплення населення аудіологічним скринінгом, так і розробляти нові методи проведення дослідження стану слуху із використанням отоакустичної емісії. Під час ж широкомасштабного проведення скринінгу з'являється необхідність як відкидання помилкових результатів, так і проведення швидкої оцінки отриманих результатів. Це актуалізує як і точність використання статистичних методів аналізу, так і спрощення методики їх використання для того, щоб зняти навантаження із висококваліфікованого персоналу – а саме необхідність проводити аналіз отриманих результатів.

Аудіологічний скринінг – це обстеження стану слуху людини, при якому при використанні автоматизованих засобів контролю встановлюється наявність або відсутність нормальної функції стану слуху. При цьому не встановлюється наявність конкретного захворювання, а саме визначається функціональний стан органу. Однак це дає неоднозначність у аналізі результатів контролю, що разом із неточністю при власне проведенні дослідженні, системними та випадковими помилками часто вимагає або проведення додаткових тестів або повторного проведення тесту.

Отоакустична емісія від решти методів контролю стану слуху відрізняється об'єктивністю отриманих результатів контролю стану слухового каналу, що зводить до мінімуму можливість внесення помилки, що викликана впливом людського фактору. Також це означає, що цей спосіб може застосовуватись як до новонароджених чи людей, які не можуть брати активну участь у проведенні контролю стану слуху.

Під час виконання загального із ДУ “Інститут отоларингології ім. проф. О.С.Коломійченка НАМН України” комплексу експериментів отоакустична емісія на частоті продукту спотворення була використана для оцінки результатів впливу медичного агенту на слуховий тракт біологічного об'єкту.

Важливо також зазначити про можливість розвинення зазначених слухових проблем також і у дорослих людей, які живуть або працюють у середовищах, де порушуються вимоги стандартів щодо акустичної гігієни, наявні ототоксичні речовини; що піддаються пролонгованому впливові дії стресових факторів – внаслідок того, що пошкоджуються судини, що живлять завиток. Саме тому скринінг слуху також має проводитись і серед дорослого населення, оскільки втрата слуху може зробити неможливим застосування, наприклад, музичної рекреаційної та відновлюваної терапії.

В військовій області у військовослужбовців часто виникає проблема діагностики і лікування не тільки набутих вушних хвороб, а й психоемоційних розладів. Саме тому важливим є правильний вибір як методів контролю, так і терапії органу слуху.

На сьогоднішній день дослідження особливостей застосування акустичних впливів з метою покращення функціонального стану людини, його нейрофізіологічної корекції або психологічної реабілітації є дуже актуальним. Це пов'язано зі значною кількістю конфліктних ситуацій, суттєвим психологічним та інформаційним перевантаженням сучасної людини, перманентним стресом у

зв'язку з пандемією, економічною кризою, природними та техногенними катастрофами.

Окрім того, протягом останніх десятиліть було виявлено ріст значущості проблем, що пов'язані із навчальною діяльністю. Також існує таке окреме поняття, як «екзаменаційний стрес».

Відомо, що стрес може негативно впливати на роботу серцево-судинної системи, а саме через постійну зміну тиску та серцевого ритму викликати пошкодження судин, що живлять слуховий апарат. Після такого пошкодження майже завжди настає втрата слуху.

З метою недопущення зазначених наслідків часто використовується музична терапія. Вона може бути визначена або як «професійне використання музики та її елементів як втручання в медичне, освітнє та повсякденне середовище з окремими людьми, групами, сім'ями чи громадами, які прагнуть оптимізувати якість свого життя та поліпшити свої фізичні, соціальні, комунікативне, емоційне, інтелектуальне та духовне здоров'я та добробут»[2] або «систематичний процес втручання, при якому терапевт допомагає клієнту зміцнювати здоров'я, використовуючи музичний досвід і відносини, що розвиваються через них, як динамічні сили змін»[3].

Музична терапія включає у себе наступні розділи [4]:

1. Прослуховування живої музики, складеної терапевтом, імпровізованої або попередньо записаної музики.
2. Виконання музики на інструменті.
3. Самовільна імпровізація музики за допомогою голосу чи інструментів, або того й іншого.
4. Складання музики.
5. Музика в поєднанні з іншими способами (наприклад, рухом, образами, мистецтвом).

Загалом методи, що використовуються у музичній терапії, можна розділити на дві великі групи – активні та пасивні. Активні методи полягають у безпосередній участі, особи, яка проходить терапію, у процесі лікування – спів, написання музики, гра на музичних інструментах. Пасивні методи, як правило, включають в себе експозицію пацієнта до певних музичних впливів.

Музична терапія застосовується у наступних випадках:

1. При лікуванні шизофренії.
2. У догляді за старими людьми.
3. Під час проведення заходів паліативної терапії.
4. При лікуванні аутизму.
5. Для послаблення нейропсихіатричних симптомів деменції.
6. Під час проведення терапії, направленої на послаблення абстинентних симптомів різного генезу.
7. Під час лікування наслідків фізичного ушкодження мозку.
8. Для поліпшення психічного стану під час реабілітації від дії стресових факторів різної природи.
9. Для покращення загального самопочуття.

10.3 метою стабілізації деяких кардіологічних розладів.

Результати впливу музичної терапії можуть визначатися як об'єктивними – контроль фізичного або психофізичного стану лікарями необхідного профілю чи за допомогою спеціалізованої апаратури (електрокардіографів, енцефалографів), так і суб'єктивними методами – за допомогою збору анамнезу та оцінки самою людиною, що проходить терапію, свого стану.

За допомогою електроенцефалографу відбувається реєстрація енцефалограм. Загалом енцефалографія – це медична техніка візуалізації, яка зчитує електричну активність шкіри голови, що генерується мозковими структурами та відображує її у вигляді енцефалограми (ЕЕГ). Енцефалограма – це графічне відображення біоелектричної активності головного мозку. До її

основних характеристик можна віднести наступні параметри отриманих сигналів: середня частота коливань, їх максимальна амплітуда та асиметрія. Сама ж ЕЕГ відображає різницю електричних потенціалів постсинаптичних мембран нейронів і досліджуючи зміну її частотних компонентів (ритмів) можна дослідити зміни у роботі головного мозку.

У рамках проведення спільного із Інститутом кардіології імені академіка М.Д. Стражеска дослідження результатів направленої музичної впливу на біологічний об'єкт для експозиції до музичного сигналу був використаний пасивний метод музичної терапії, а для оцінки отриманих результатів було використано суб'єктивний метод електроенцефалографії.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є встановлення додаткових діагностичних параметрів, підвищення точності дослідження і підвищення ступеню диференціації виявляємих порушень слуху при проведенні контролю стану слуху із використанням отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення та дослідження можливості використання акустичного сигналу складної форми для проведення музичної терапії, встановлення для неї додаткових діагностичних параметрів.

Об'єкт дослідження - процес проходження акустичного збуджуючого сигналу через середнє до внутрішнього вуха та його відклику у зворотному напрямі, відклик головного мозку дію суперпозиції психоактивних факторів та їх одиничний вплив.

Предмет дослідження - слухова система людини та морських свинок, котра зазнавала та не зазнавала медикаментозного впливу, головний мозок, котрий зазнавав та не зазнавав психоактивного впливу суперпозиції впливаючих факторів чи їх одиничних впливів.

Для досягнення встановленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:

1. Провести аналіз сучасного застосування отоакустичної емісії та музичної терапії.

2. Провести аналіз застосування нового критерію оцінки якості проведеного дослідження стану слуху об'єктивними та суб'єктивними методами – коефіцієнту співвідношення ширини частотних груп.

3. Оцінити новий перспективний критерій для нормалізації отриманих результатів дослідження стану слуху біологічного об'єкту за допомогою отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення та застосувати даний результат для нормалізації результатів дослідження стану слуху морських свинок.

4. Провести порівняльний аналіз результатів використання критерію нормалізації отриманих результатів дослідження стану слуху як для одиничних результатів, так і для їх груп.

5. Розробити процедуру підготовки до проведення статистичної оцінки серії експериментів стану слуху біологічного об'єкту із використанням отоакустичної емісії.

6. Оцінити направлений акустичний вплив на людей, що знаходяться під пролонгованою дією негативних психоемоційних факторів.

7. Дослідити можливість використання одного із ритмів електроенцефалограми як маркеру стресового впливу на біологічний об'єкт.

8. Встановити можливість застосування вибірок малого розміру для оцінки змін у електроенцефалограмі, викликаних суперпозицією діючих психоактивних факторів.

Методи дослідження: метод обрахунку відносної похибки для встановлення коефіцієнту співвідношення ширини частотних груп; апроксимація для встановлення значення критерію Соколова на усіх необхідних частотах; графічний метод, критерій нормальності Колмогорова-Ліллієфорса та тест Шапіро-Уїлка для аналізу відповідності нормальному розподілу у вибірці

отриманих результатів; t -критерій Стьюдента для пов'язаних та непов'язаних вибірок із нормальним законом розподілу результатів, критерій Вілкоксона та U -критерій Манна-Уїтні для пов'язаних та непов'язаних вибірок без нормального закону розподілу результатів для проведення пошуку статистично значимої різниці (СЗР) між групами результатів; швидке перетворення Фур'є для аналізу первинної електроенцефалограми; стандартний метод видалення епох для усунення артефактів у енцефалограмі; виконання чисельних розрахунків було проведено у програмних середовищах Statistica та Excel.

Наукова новизна отриманих результатів складається із нового методу оцінки точності дослідження стану слуху об'єктивними та суб'єктивними методами, удосконалення методу обробки результатів дослідження стану слухового органу біологічного об'єкту із використанням отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення та опису нового методу оцінки результатів дослідження впливу акустичного сигналу на біологічний об'єкт:

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Проведено огляд сучасних результатів застосування отоакустичної емісії для оцінки стану слуху біологічного об'єкту та сучасних результатів використання електроенцефалограм для оцінки направлено психофізичного (прямого на фізичний та опосередкованого на фізіологічний) впливу на стан людини під час проведення музичної терапії.
2. Вперше було отримано коефіцієнт відносної ширини частотних груп для оцінки якості проведення тесту слуху об'єктивними та суб'єктивними методами та алгоритм співставлення їх результатів.
3. За результатами виконаного дослідження було оцінено новий перспективний параметр якості – критерій Соколова - для нормалізації отриманих результатів дослідження стану слуху біологічного об'єкту за

допомогою отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення. Вперше було застосовано даний результат для нормалізації результатів дослідження стану слуху біологічних об'єктів, а зокрема морських свинок та було проведено порівняльний аналіз результатів застосування критерію нормалізації отриманих результатів дослідження стану слуху як для одиничних результатів – а саме оцінено зміни у значеннях середнього рівня сигналу та групових розмірах довірчого інтервалу у вибірках експериментальних даних, так і для їх груп – тобто оцінено зміни у співвідношеннях окремих масивів дослідних даних між собою.

4. Експериментальним шляхом було досліджено вплив акустичного сигналу складної форми на психоемоційний стан людини.

5. Вперше було оцінено направлений акустичний вплив на людей, що знаходяться під пролонгованою дією негативних психоемоційних факторів. Було показані результати одночасного комбінованого (терапевтичного та травмуючого) впливу психоемоційних факторів на біологічний об'єкт у потужнісному діапазонах.

6. Обґрунтовано можливість застосування вибірок дослідних даних малого розміру для оцінки змін у електроенцефалограмі, викликаних суперпозицією діючих психоактивних факторів.

Особистий внесок здобувача показано у публікаціях [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13]. У наукових працях, що виконано у співавторстві здобувачеві належить в працях: у [5], [7] – проведення статистичного та математичного аналізу отриманих результатів; у [8] – висунення ідеї, отримання та застосування критерію та оцінка його наслідків; у [9], [10] – огляд літературних джерел та створення текстової документації патенту; у [11] – встановлення наслідків розв'язання описаної проблеми; у [12] - проведення порівняльного аналізу

отриманих результатів; обробка експериментальних даних; у [13] - проведення розрахунків.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані під час виконання дисертаційної роботи були застосовані для створення програмного забезпечення у програмних середовищах Excel та Statistica, для: оцінки співвідношення ширин частотних груп, встановлених об'єктивними та суб'єктивними методами; імплементації критерію Соколова для нормалізації отриманих під час дослідження стану слуху із використанням отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення результатів; проведення статистичного аналізу отриманих під час дослідження стану слуху із використанням отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення в залежності від відповідності розподілу результатів у частотній групі нормальному закону; статистичної оцінки результатів застосування музичної терапії для впливу на психофізіологічний стан біологічного об'єкту в залежності від відповідності розподілу результатів у тестовій групі нормальному закону; встановлення клінічно значущої різниці між середніми значеннями у групах для різних мозкових хвиль при використанні електроенцефалограми при контролі результатів застосування ЕЕГ; встановлення можливості використання у статистичному аналізі малих за об'ємом вибірок.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана у рамках виконання дослідження по темі: «Новий широкосмуговий автоматизований портативний електроакустичний апаратно-програмний комплекс з підвищеними точністю і безпечністю для ранньої диференційної аудіологічної експрес-діагностики в медицині».

Апробація результатів дисертації. Основні результати включених у дисертацію досліджень було обговорено на наступних конференціях:

1. Щорічній традиційній осінній конференції Українського наукового медичного товариства лікарів-оториноларингологів з міжнародною участю “Досягнення сучасної оториноларингології”, яку було проведено у 2017 році на базі ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О.С. Коломійченка НАМН України».
2. XXI Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та аспірантів «Дні Науки», що була проведена 2018 у Національному технічному університеті України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.
3. Науковий семінар кафедри Акустичних та мультимедійних електронних систем, що відбувся 2 грудня 2020 р на базі кафедри АМЕС Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” у місті Києві.
4. Розширене засідання кафедри Акустичних та мультимедійних електронних систем, що відбувся 28 вересня 2021 року на базі кафедри АМЕС Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” у місті Києві.

Публікації. По результатах проведених досліджень було опубліковано 9 наукових праць, з них 1 стаття у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу, 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 патенти на корисну модель, 2 тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Структура та об’єм дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків та містить 211 сторінок, з них основного тексту 157, 19 таблиць, 84 рисунки, 81 літературне джерело та 5 додатків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Аналіз сучасного застосування отоакустичної емісії.

На сучасному етапі розвитку медичної науки для контролю стану слухового каналу часто застосовуються методи, що використовують отоакустичну емісію. Одним із її видів є отоакустична емісія на частоті продукту спотворення (ОАЕПС).

Область застосування емісії дуже широка – вона може використовуватись як для контролю стану слуху новонароджених, так і для дослідження впливу отоксичних препаратів.

Сучасна проблематика показує, що є можливість використання ОАЕ для контролю стану слуху у пацієнтів у пост-ковідний період, оскільки вірус може викликати як пряме (віральне), так і вторинне (вторинна інфекція, викликана викликаним вірусом COVID навантаженням на імунну систему чи цитокіновим штормом) пошкодження волосяних клітин, що може призвести до втрати слуху і проявляється у падінні рівнів відклику ОАЕПС на низьких частотах та викликати тинітус, який може призводити до втрати працездатності[14].

У Сполучених Штатах Америки за допомогою ОАЕПС було встановлено для частки популяції залежність між низькими рівнями відкликів на сигнали та високим шансом інсульту[15].

Зазначена отоакустична емісія може також бути маркером стану слуху для людей, що мають професії, які передбачають експозицію до значних рівнів шуму[16]. Сукупний вплив отоксичних препаратів та шуму також викликає втрату слуху, що визначається за допомогою отоакустичної емісії[17].

Також використовуючи отоакустичну емісію було встановлено наявність ототоксичного впливу у кобальтового стегнового імпланту[18].

ОАЕПС використовується при лікуванні ідіопатичної раптової сенсоневральної втрати слуху, де слугує для визначення ефективності обраних методів лікування[19].

Дослідження, що вивчало залежність достовірності проведення тесту в залежності від того, яке застосовувалось як співвідношення між рівнями використовуваних пар тонів - 65/65 дБ РЗТ (рівня звукового тиску), 65/55 дБ РЗТ та 60/53 дБ РЗТ так і між використовуваними частотами - 1.18, 1.20, 1.22 f_2/f_1 показало, що не існує значної різниці між результатами тесту стану органу слуху як різними співвідношеннями частот так і рівнів тиску[20].

Сучасні методи машинного аналізу показують, що отоакустична емісія може у сукупності із системами машинного навчання не тільки використовуватись як діагностичний засіб під час лікування, а й як прогностичний засіб[21].

1.2. Застосування електроенцефалограм при використанні музичної терапії

На сьогоднішній день дослідження особливостей застосування музично-акустичних впливів з метою покращення функціонального стану людини, його нейрофізіологічної корекції або психологічної реабілітації є дуже актуальним.

Це пов'язано зі значною кількістю конфліктних ситуацій, суттєвим психологічним та інформаційним перевантаженням сучасної людини, перманентним стресом у зв'язку з пандемією, економічною кризою, природними та техногенними катастрофами. Особливе значення для суспільства України має необхідність надання психологічної реабілітації після закінчення бойових дій учасникам Антитерористичної операції та Операції об'єднаних сил.

Дослідженню нейрофізіологічних аспектів сприйняття музично-акустичних впливів присвячено багато робіт, які відрізняються методологічними підходами і практичними рекомендаціями. Ще у античну епоху Піфагор стверджував, що музика має лікувальний ефект. По його твердженням, музика підкоряється математиці (вищому закону) та може відновити гармонію у тілі людини. Під час подальших досліджень були зроблені висновки, що музика може бути застосована для зняття втоми та надання людині енергії, позитивно впливаючи на систему кровообігу та дихання. В кінці XIX – на початку XX були отримані відомості про сприятливий вплив музичного впливу на центральну нервову, кровоносну та дихальну систему.

В літературних джерелах досить часто зустрічається інформація, що після сеансів прослуховування певних музичних композицій поліпшується короткочасна пам'ять, вербальний і невербальний інтелект, підвищується продуктивність виконуваної людиною роботи [22], підсилюється регенерація і відновлення мозкових структур [23].

Дослідження по виявленню впливів музики на людину зазвичай проводяться методом спроб і помилок, враховуючи при цьому тільки якісні зміни в стані випробовуваних або їх суб'єктивні відчуття без спроб зрозуміти

психофізіологічні механізми сприйняття музики [24]. При такому підході спостерігаються різні, часто суперечливі висновки стосовно впливу однотипного музично-акустичного подразника. Яскравим прикладом, що ілюструє дану ситуацію, можна назвати дослідження різними авторами "ефекта Моцарта" [25], [26]. Розбіжності в результатах можна пояснити відсутністю аналізу компонентно-структурного складу і характеристик спектрів обраних музично-акустичних сигналів, даних про тривалість музичних композицій, а також об'єктивно доведених закономірностей стосовно зв'язку між різними характеристиками використаних творів з особливостями сприйняття семантичної та естетичної інформації [27].

Дану проблему можна вирішити шляхом імплементації спектрального та часового аналізу акустичних сигналів, які використовуються під час проведення терапії та пошук взаємозв'язків між їх об'єктивними характеристиками та виявленими закономірностями у біоелектричній картині стану головного мозку людини відповідно до та після експозиції до акустичного сигналу.

Найбільш актуальною проблематикою у сучасній психоакустиці є використання експозиції до акустичного сигналу для направленої впливу на фізіологічний чи психологічний стан людини [28], [29]. З метою отримання бажаних результатів – підвищення продуктивності чи працездатності, покращення настрою, терапевтичного впливу при різноманітних неврологічних, психологічних чи психіатричних розладах можуть використовуватись різні за характером акустичні стимули [26], [30]–[32]. Ці стимули можуть бути як музичними фрагментами різних стилів та жанрів - класична, фольклорна, духовна, поп-музика, окремі музичні елементи - звуки, ритми, шумові сигнали різних видів (білий, рожевий, коричневий).

На сучасному етапі розвитку науки для визначення ефективності музичної терапії використовуються електроенцефалогічні комплекси, що реєструють електроенцефалограму та за необхідності у цьому проводять її аналіз.

Нейронні зв'язки генерують різні типи хвильових картин, які виходять з різних областей мозку. Сюди входять дельта (<4 Hz), тета (4–7 Hz), альфа (7–12 Hz), бета (12–30 Hz) хвилеві форми [33]. Ритми електроенцефалограми (ЕЕГ) визначаються як регулярно повторювані форми хвиль подібної форми та тривалості, тому досліджувані об'єкти можна визначити також як α -, β -, θ - та δ -ритми [34].

Клінічна електроенцефалографія на емпіричній основі співвідносить функції центральної нервової системи (ЦНС), а також дисфункції та захворювання з певними закономірностями електроенцефалограми (ЕЕГ) [34].

Альфа-ритм має максимальне вираження у потиличних відведеннях коли очі закриті. Його пов'язують із здатністю людини розслаблятися, переборювати стрес та засвоювати нову інформацію або знання. У здорової людини падіння рівня відсоткового вкладу альфа-ритму у загальну потужність відбувається при відкритті повік, занепокоєнні, зростанні рівня мозкової активності та у стані сну.

Бета ритм найбільш виражений у лобних та центральних відведеннях ЕЕГ. Вклад цього ритму посилюється у стані сонливості, при засипанні та пробудженні, прийомі психоактивних препаратів. В той самий час його потужність знижується у фазі глибокого сну. Одночасне зниження альфа та бета ритмів у певній області може бути проявом структурного ушкодження чи дефекту кори головного мозку.

Тета-ритм найбільш виражений у дітей у віці 4-6 років. Також його реєструють у ЕЕГ здорової людини у притомному стані під час емоційної активації. В той самий час цей ритм часто реєструється у великій кількості як патологічних ситуацій чи змінених станів свідомості – як довго-, так короткотривалої. Велика кількість цих ситуацій вимагає використання нейровізуалізації.

Дельта - ритм у свою чергу характерний для глибокого сну чи наркозу. При цьому домінування даного ритму у дорослих та підлітків у бадьорому стані – це явна ознака патології. Цей ритм зазвичай проявляється у пацієнтів, у яких діагностовано енцефалопатії, що супроводжуються комою, важке структурне мозкове порушення (крововилив, травма та ін.). У деяких роботах зустрічається інформація про те, що цей ритм може бути зареєстрований у загальній ЕЕГ під впливом деяких видів стресу.

Праця [35], що присвячена вивченню поведінки дельта-ритму під час виконання різних когнітивних задач, показує, що функціональні дельта-ритм реєструється під час синхронізації мозкової діяльності з вегетативними функціями, під час набуття людиною мотивації, що пов'язана як з певною винагородою, так і з атавістичними захисними механізмами, у вищій емоційній діяльності. Окрім того цей ритм реєструється також у когнітивних процесах, що пов'язані із увагою та виявленням мотиваційно помітних подразників у навколишньому середовищі. Під час виконання розумової роботи роль дельта-ритму полягає у видаленні емоційних стимулів, що перешкоджають внутрішній концентрації. Окрім того висока потужність дельта-коливань під час розумової праці слугує бар'єром для перешкод, що можуть завадити його виконанню[35].

У людей та гризунів фронтальні дельта та тета хвилі пов'язані із діяльністю, що спрямована на виконання конкретного завдання. Синхронізація дельта ритму між півкулями та між лобовою та тім'яною частинами у кожній півкулі зменшується у людей, у котрих діагностовано легку хворобу Альцгеймера та судинну деменцію [36].

Загалом існує кілька різних конкуруючих та у певній мірі схожих гіпотез щодо ролі та причин генерації дельта ритму в стані бадьорості. Генерація дельта-хвиль у певній ділянці мозку може бути викликана низькою активністю або навіть сном цієї ділянки мозку. Факти, що підтверджують цю гіпотезу, були

отримані під час вивчення дельфінів, тюленів та птахів, які виявили наявний у всій півкулі дельта ритм та її (півкулі) перебування у стані повільного сну, у той час коли інша півкуля була навантаженою. Тварини, які досліджувались, знаходились у стані свідомості, були активними і постійно рухались. Наступна гіпотеза спирається на нагляд за хворими на епілепсію пацієнтами, та вказує на те, що під час епілептичних нападів та безпосередньо по їх закінченню частина кортикальних ланцюгів починає продукувати дельта-хвилі. Самі пацієнти у цей час не реагують на подразники та не усвідомлюють оточуючу реальність. Відповідно до вищенаведеного можна сказати, що дельта-ритм у стані бадьорості виникає у той час коли людина повністю або частково втрачає свідомість. Експериментальні дані, отримані шляхом дослідів на гризунах, показують, що напади можуть ефективно зупиняти активацію нервової системи, що може пояснити і втрату свідомості, так і сповільнення роботи кори. Однак також існує гіпотеза, яка вказує, що локальні кортикальні ланцюги або цілі локальні колони, мають можливість генерувати дельта-ритм через те, що раніше у цій області мозку була виявлене навантаження чи підвищений рівень метаболізму. Відповідно до цієї гіпотези певні ділянки мозку, що були активними та задіяними у виконанні певних завдань, можуть перебувати у схожому на сон стані, у той час коли сусідні ділянки все ще активні. Приведена гіпотеза була частково підтверджена у гризунів[37].

Протягом останніх десятиліть було виявлено ріст значущості проблем, що пов'язані із навчальною діяльністю[38]. Значні за об'ємом навчальні навантаження, що пов'язані із необхідністю виконання великої кількості завдань по різних дисциплінам (як технічним, так і гуманітарним) за незначні проміжки часу, сильні емоційні переживання, необхідність обробки великих об'ємів інформації призводять до виникнення значного нервового напруження у студентів [39], [40]. Також існує таке окреме поняття, як «екзаменаційний стрес» [41].

Літературні джерела описують різні підходи до дослідження прихованого та явного стресу. Ці підходи діляться на дві великі групи – суб'єктивні методи, що базуються на використанні різноманітних опитувальників та тестів на визначення рівнів депресії чи тривожності із використанням різних шкал [42], [43], та об'єктивні, до яких входять дослідження шкірно-гальванічної реакції, ЕЕГ та інші [44]. Також наразі ведеться активна робота по дослідженню впливу музичних акустичних сигналів на рівень стресу [45], [46], [47]. Зокрема, у роботі [45] було проведено дослідження впливу музичних творів різних жанрів, які виконуються на англійській мові та на мові урду. Це дослідження показало, що музичні треки англійською краще знижують стрес. Жанрові розбіжності у ефективності зниження стресу виявлені не були. Окрім того було виявлено, що у жінок стрес більш чутливо реагував на музичний вплив, ніж у чоловіків. Робота [46] систематизувала дослідження останніх десятиліть, які вивчали можливість зменшення рівня стресу із використанням різних акустичних сигналів. Рівень стресу оцінювався по альфа- та тета-хвилям. У праці [47] використовуючи альфа-ритм було досліджено вплив музичного сигналу на стрес, який створювався під час проведення експерименту. Дослідження [43] та [48] вивчають класифікацію стресу на підставі аналізу ЕЕГ. Вони показують можливість використання у якості маркеру довготривалого стресу симетричність альфа- та бета-ритмів.

Аналіз літературних джерел виявив, що не зважаючи на те, що існує багато робіт по вивченню впливу акустичних сигналів на рівень стресу чи на зміну параметрів ЕЕГ-хвиль поодинокі, однак немає робіт, що вивчають суперпозицію впливу музичного треку та розтягнутого в часі стресу на біоелектричну активність головного мозку, зокрема на дельта-ритм.

Сфера досліджень електроенцефалографічної діяльності мозку людини нова і швидко прогресує [49],[50]. Але сучасні способи використання цього методу не включають у підготовку експерименту оцінку належного розміру

вибірок. Багато досліджень формують зразки з доступних тестових зразків, без статистичного аналізу використовуваного розміру вибірок навіть при подальшій обробці результатів.

Для цього є об'єктивні причини – не завжди наявна ситуація дозволяє обрати розмір тестової вибірки – хвороби, травми мозку або жорсткий вплив стресу важко передбачити. Також наявні кондиції пацієнтів можуть різнитись у широких рамках[51]. Зважаючи на все вищезазначене необхідно знати коли отримані результати будуть вимагати додаткового уточнення.

Визначені сучасні роботи щодо визначення розміру вибірок або зроблені у інших галузях, що мають свою специфіку, [52], [53], або занадто генералізовані [54].

Одне із найсучасніших досліджень [55] з одного боку, дає основні дані про способи оцінки вибіркових даних, але, з іншого, не забезпечує способу оцінки величини ефекту.

Розділ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОЦІНКИ СТАНУ СЛУХУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СУБ'ЄКТИВНИХ І ОБ'ЄКТИВНИХ МЕТОДІВ

2.1. Загальні теоретичні відомості

Загальновідомим є факт, що звук - це фізичне явище, яке являє собою коливальні рухи молекул пружного середовища (у випадку даного дисертаційного дослідження - повітря), які розповсюджуються в ньому у вигляді хвилі тиску. Людське вухо не може сприймати усі види коливань, що надходять у нього: існують певні межі слухової реєстрації інформації як за тиском, так і за частотою. Мінімальне значення звукового тиску, що викликає збудження слухового нерву, називається порогом чутності. Ця величина визначає слухову здатність біологічного об'єкту – зі збільшенням порогу слухова чутливість падає. Значення порогу чутливості залежить як і від умов навколишнього середовища (або експерименту) та властивостей звукового сигналу – його гучності та частоти [56]. Окрім нижчої границі чутливості існує також і верхня межа – звуковий синусоїдальний сигнал із ефективним значенням тиску в околі $p = 10$ Па являє собою поріг неприємного відчуття – тобто експозиція людини до такого сигналу викличе в неї дискомфорт. При значенні тиску в $p=60 - 80$ Па людина відчуває тиск на органи слуху, цей рівень сигналу називається порогом відчуття. Окрім того тиск значенням $p=150 - 200$ Па являє собою больовий поріг. Криві, що відповідають порогоу чутливості та больового порогу визначають собою область чутності. Усі звуки, що можуть бути сприйняті певним органом слуху, розміщуються у цій області. При оцінці співвідношення максимального $p_{\text{макс}}$ та мінімального $p_{\text{мін}}$ звукового тиску, що сприймається людиною, встановлено, що відношення $p_{\text{макс}}/p_{\text{мін}}$ має значення приблизно рівне 10^7 . У той самий час для інтенсивностей відношення $I_{\text{макс}}/I_{\text{мін}}$ має порядок 10^{14} . Зважаючи на значний діапазон змін інтенсивностей, що можуть бути сприйняті органом слуху, в акустиці використовуються не абсолютні значення інтенсивностей, а десяткові

логарифми відношення інтенсивності I певного звукового сигналу до стандартної інтенсивності I_0 , тобто $N = \lg(I/I_0)$. Рівень I_0 при цьому називається інтенсивністю нульового рівня. При $I = 10I_0$, $N = 1$, дана величина має назву Белл. У практичному застосуванні як правило використовується десята частина цієї величини, тобто дециБелл (дБ). У децибелах $N = 10\lg(I/I_0) = 20\lg(p/p_0)$. Величина N являє собою називається рівень інтенсивності звуку або рівень звукового тиску. За інтенсивність нульового рівня прийнята величина I_0 , що рівна одному пікоВату на метр квадратний та якій відповідає звуковий тиск, що становить 20 мікро Паскаль.

Слуховий сенсорний орган біологічного об'єкту здійснює сприйняття звукових коливань навколишнього середовища і дає змогу оцінювати як висоту звуку (частоту звукових коливань) так і його гучність (амплітуду звукових коливань).

2.2. Порівняння ширини частотних груп

У попередній кваліфікаційній роботі показано, що діагностичним критерієм оцінки слуху може служити ширина частотних груп. Розглянемо попередньо отримані результати порівняльного аналізу ширини частотних груп, отриманого за допомогою використання суб'єктивних та об'єктивних методів.

Для аналізу було використано сигнали ЗВОАЕ, отримані у обстежуваних, що не мали проблем із органами слуху (рис. 2.1).

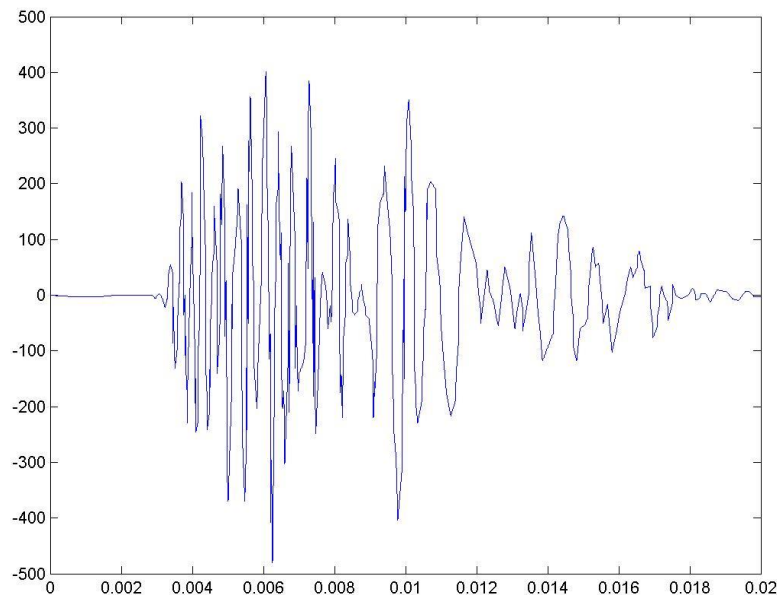


Рис. 2.1 Сигнал ЗВОАЕ

Для обчислення ширини частотних груп сигналу, приведенного на рис. 2.1, скористаємося виразами (2.1) - (2.3). Застосовувані в обрахунках чисельні значення f_m у приведених рівняннях визначаються як $1/\Delta T$, де ΔT – період із максимальним рівнем амплітуди.

$$\Delta F_c(f_m) = 10^{-5.1} f_m^2 + 0.114 f_m + 68 \quad (2.1)$$

$$\Delta F_c(f_m) = 10^{-4.8} f_m^2 + 0.165 f_m + 78 \quad (2.2)$$

$$\Delta F_c(f_m) = 10^{-5.4} f_m^2 + 0.076 f_m + 58 \quad (2.3)$$

Для сигналу ЗВОАЕ на рис. 2.1 $f_{m1} = 2500$ Гц, $f_{m2} = 1500$ Гц.

Таким чином встановлена ширина частотних груп для органів слуху, що мають низьку $\Delta F_l(f_m)$, середню $\Delta F_c(f_m)$ та високу $\Delta F_h(f_m)$ чутливостей приведена у табл. 1 додатку А:

Під час визначення ширини частотних груп при використанні об'єктивних методів потрібно обчислити проміжок часу між першими нулями огинаючої (Δt) сигналу отоакустичної емісії. Величина, обернена отриманій Δt , покаже встановлену ширину частотних груп.

$$\Delta F_1 = \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{0,0035} = 286 \text{ Гц.}$$

$$\Delta F_2 = \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{0,0038} = 263 \text{ Гц.}$$

Такі самі обчислення були виконані для сигналів, приведених на рис. 2.2 та рис. 2.3. Їх результати також відображені у табл. 1 додатку А.

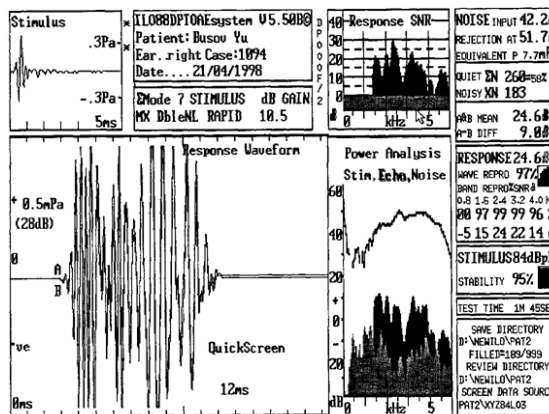


Рис. 2.2. Сигнал ЗВОАЭ

Для сигналу на рис. 2.2 $f_{m1} = 2500$ Гц, $f_{m2} = 1428$ Гц.

Ширина частотних груп, обчислена об'єктивними методами:

$$\Delta F_1 = 400 \text{ Гц;}$$

$$\Delta F_2 = 243,9 \text{ Гц.}$$

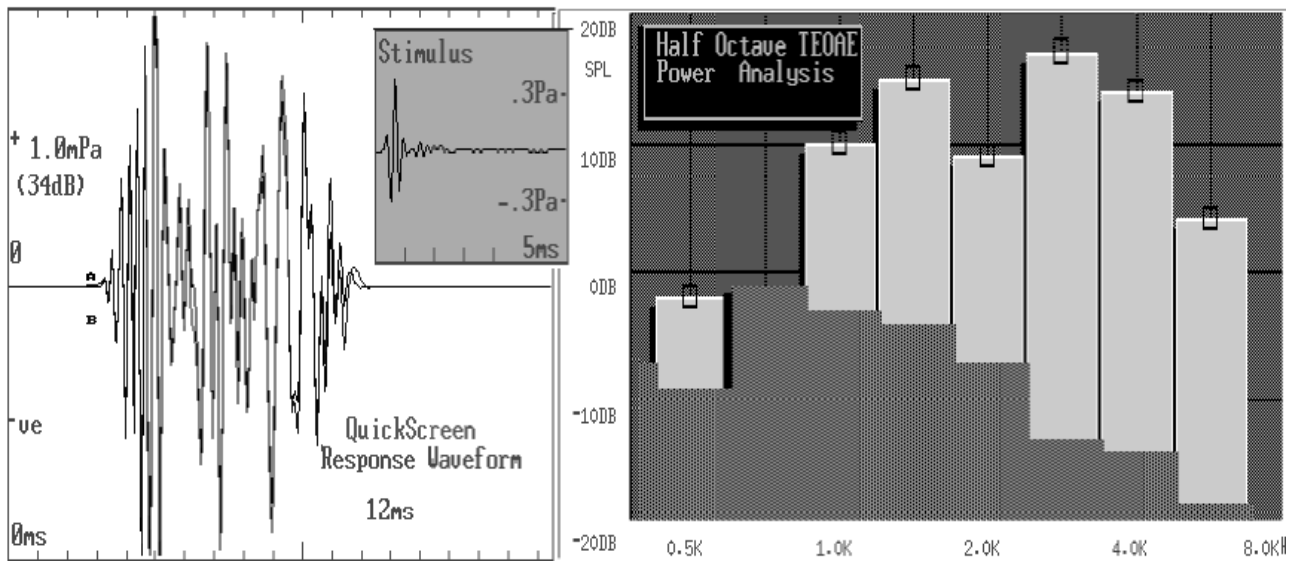


Рис. 2.3. Сигнал ЗВОАЭ

Для сигналу на рис. 2.3 $f_{m1} = 2500 \text{ Гц}$, $f_{m2} = 1350 \text{ Гц}$.

Встановлені ширини частотних груп для слуху різних чутливостей була встановлена наступною:

Ширина частотних груп, визначена об'єктивними методами:

$$\Delta F_1 = 357,1 \text{ Гц;}$$

$$\Delta F_2 = 312,5 \text{ Гц.}$$

2.3. Критерій оцінки точності дослідження стану слуху

Також додатково до означених параметрів пропонується ще один спосіб оцінити точність проведеного дослідження стану слуху при одночасному застосуванні об'єктивних та суб'єктивних методів дослідження під час обслідування одного пацієнта.

Заявлений спосіб полягає у доданні до наявного алгоритму обслідування людини оцінки співвідношення ширини частотних груп для об'єктивного та суб'єктивного методів.

Застосовуваний на даний момент алгоритм має вигляд:

1. Отримання результатів огляду пацієнта лікарем.
2. Дослідження стану слуху об'єктивними методами.
3. Дослідження стану слуху суб'єктивними методами.
4. Встановлення діагнозу.

Пропонований алгоритм в свою чергу має вигляд:

1. Отримання результатів огляду пацієнта лікарем.
2. Дослідження стану слуху об'єктивними методами.
3. Дослідження стану слуху суб'єктивними методами.
4. Визначення ширини частотних груп.
5. Визначення коефіцієнту співвідношення ширини частотних груп.
 - 5.1. Визначення необхідності повторення проведених тестів.
6. Встановлення діагнозу.

Коефіцієнт визначається наступним чином – визначаються ширини частотних груп двома різними методами – об'єктивним та суб'єктивним (f_o та f_c відповідно). Далі вираз набуде наступного вигляду:

$$K = \frac{f_o - f_c}{f_o} \quad (2.5)$$

Для подальшого розгляду визначимо значення коефіцієнтів для випадків, наведених на рис. 2.1, рис. 2.2, рис. 2.3. Отримані результати зведено у табл. 2.1.

Із отриманих результатів видно, що можна виділити дві підгрупи випадків – група, де наявна відповідність ширин частотних груп як для об’єктивних і суб’єктивних методів, так і відповідність визначеної чутливості тій, що була визначена аудіологічно та група, де приведені параметри не співпадають, що визначається значеннями критерію. Тобто ми бачимо, чи співпадають отримані за допомогою різних методів як і обробки результатів, так і отримання результатів (тональної аудіометрії та ЗВОАЕ). У тому випадку, коли результати аудіометрії (чутливість слуху) чи визначені за допомогою ЗВОАЕ параметри частотних груп не співпадають між собою необхідно перевірити точність та правильність проведених досліджень.

Табл. 2.1. Значення у групах

| Група «Неспівпадіння» | Група «Співпадіння» |
|--------------------------|---------------------|
| 1,06 | 0,13 |
| 0,65 | 0,05 |
| 0,47 | 0,05 |
| 0,46 | 0,02 |
| 0,42 | 0,01 |
| 0,41 | 0,01 |
| 0,41 | |
| 0,37 | |
| 0,32 | |
| 0,28 | |
| 0,24 | |
| 0,23 | |

Під час обробки результатів було отримано відомості про характер розподілення значень критерію у дослідженому масиві. Це було встановлено при використанні критерію нормальності Ліллієфорса[57], тесту Шапіро-Уїлка, оскільки деякі експерти визначають його найкращим для оцінки отриманих результатів[58] та графічного способу. Важливо зазначити, що тест Шапіро-

Уїлка є рекомендованим до застосування для малих вибірок ($n < 50$), де він є сильним та ефективним [58],[59] і під час аналізу даних на нормальність у приведених результатах дослідів є головним інформаційним параметром.

Тест Шапіко-Вілкі розраховувався по наступній формулі [59]:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i y_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (2.6)$$

де $y_{(i)}$ - це i -та порядкова статистика (i -те середнє значення у вибірці), а \bar{y} це середнє значення вибірки. Коефіцієнти a в цьому випадку визначаються наступним чином:

$$a_i = (a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}, \quad (2.7)$$

де $m = (m_1, \dots, m_n)^T$ - це очікувані значення порядкової статистики незалежних і однаково розподілених випадкових величин, відібраних зі стандартного нормального розподілу та V є коваріаційною матрицею цієї порядкової статистики.

Наступним по значимості буде графічний спосіб (порівняння наявного розподілу із бажаним). Приклад цього показано на рис. 2.6, де червона лінія – це бажаний розподіл, а сині стовпчики – наявний результат. У випадку рис. 2.7 необхідно увагу звернути на відношення віддаленості вусиків від медіани (якщо вони неоднаково віддалені то можлива ненормальність розподілу) та розміщення точки медіани відносно самого боксу (її зміщення до одного із країв може вказати на ненормальність розподілу).

Також критерій Ліллієфорса [59] було визначено із використанням формули 2.8. Цей критерій було розглянуто тому, що його потужність більша за потужність тесту Колмогорова-Смірнова рис. 2.5 [59]. У випадку збільшення розміру вибірки необхідно більше 50 необхідно у якості основного параметру використовувати саме критерій Ліллієфорса через те, що не у всіх статистичних

пакетах реалізована поправка Ройстона [59]. Загалом алгоритм встановлення нормальності представлено на рис. 2.4.

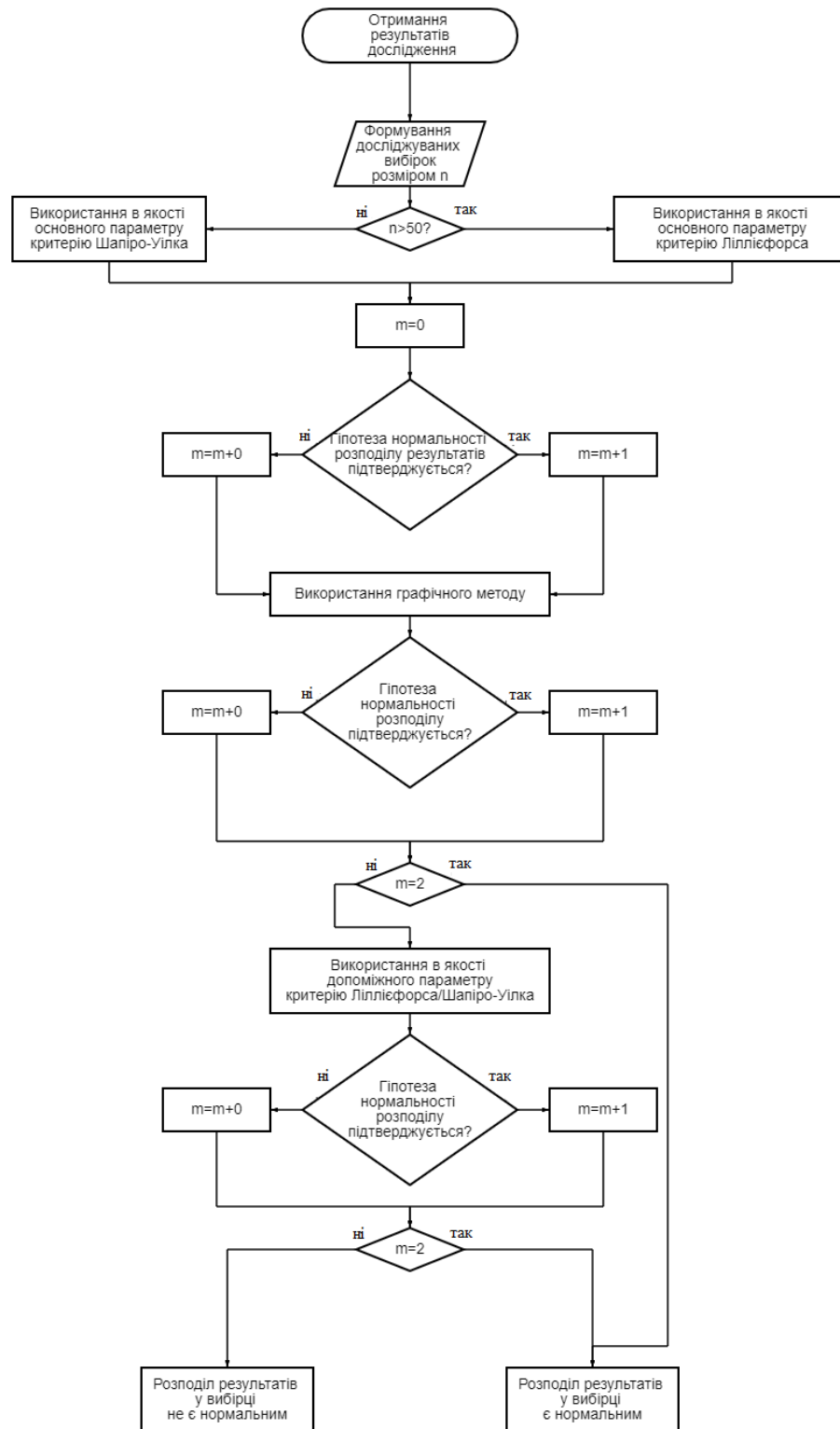


Рис. 2.4. Алгоритм встановлення нормальності розподілу результатів у вибірці

$$D_n = \max|F^*(x) - S_n(x)|, \quad (2.8)$$

де $S_n(x)$ є вибірковою сукупною функцією розподілу;

$F^*(x)$ це кумулятивна функція нормального розподілу;

Визначені розміри вибірок становлять відповідно $n=6$ для співпадіння розміру частотних груп, $n=12$ для їх неспівпадіння. Отримані результати приведені на рис. 2.7 та у табл. 2.2. При цьому у роботі параметр α (граничне значення рівня значимості) прийнято рівним 0,05, а параметр p визначає наявність або відсутність різниці між досліджуваними вибірками[60] – якщо його значення нижче 0,05, то нульова гіпотеза відхиляється, тобто наявні розбіжності є статистично значимими. Із таблиці зрозуміло, що нормальність розподілу результатів присутня лише у групі «Співпадіння», а тому потрібно використовувати непараметричні тести.

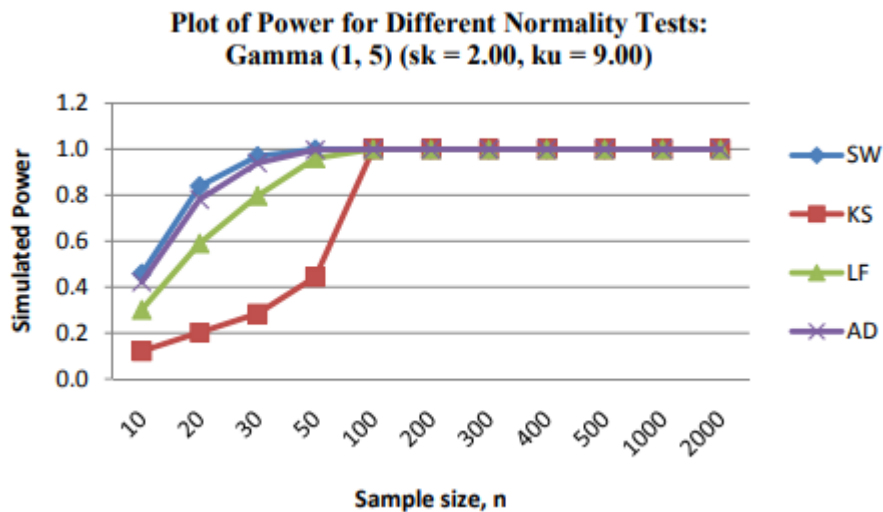


Рис. 2.5. Порівняння потужностей тесту Шапіро-Вілка (SW), Лілієфорса (LF) та Колмогорова-Смірнова (KS).

Табл. 2.2. Розподіл результатів у вибірках

| Група | N | Lilliefors p | W | p |
|---------------|----|-----------------|----------|----------|
| Неспівпадіння | 12 | $p < ,01$ | 0,781725 | 0,005850 |
| Співпадіння | 6 | $p < ,15$ | 0,800670 | 0,059595 |

Отримані результати були досліджені за допомогою U-критерію Манна-Уїтні[61] при використанні програмного пакету Statistica на наявність статистично значимої різниці між випадками, де ширина частотних груп співпадає та не співпадає, результат чого представлено у табл. 2.3. Із наведеної таблиці видно, що статистично значима різниця присутня між підгрупами.

Табл. 2.3. Результат статистичного аналізу

| Змінна | U-критерій Манна-Уїтні | | | | | | | | | |
|--------|---|--------------|------|----------|----------|------------|----------|------------|-------------|-------------------|
| | Тести мають статистично значимі відмінності при $p < 0,05000$ | | | | | | | | | |
| | Rank Sum no | Rank Sum yes | U | Z | p-value | Z adjusted | p-value | Valid N no | Valid N yes | 2*1 sided exact p |
| 1 | 150,0000 | 21,00000 | 0,00 | 3,324880 | 0,000885 | 3,330038 | 0,000868 | 12 | 6 | 0,000108 |

U-критерій Манна-Уїтні було визначено по наступній формулі та із використанням пункту Comparing two independent samples (groups) меню Nonparametric Statistics:

$$U_x = n_1 \cdot n_2 \frac{n_x \cdot (n_x + 1)}{2} - R_x, \quad (2.8)$$

де n_1 – кількість респондентів у першій вибірці, n_2 – кількість респондентів у другій вибірці, R_x це більша рангова сума у відповідній вибірці, n_x – елемент вибірки, що розглядається. Також необхідно зважати на те, що:

$$U = \min(U_1, U_2) \quad (2.9)$$

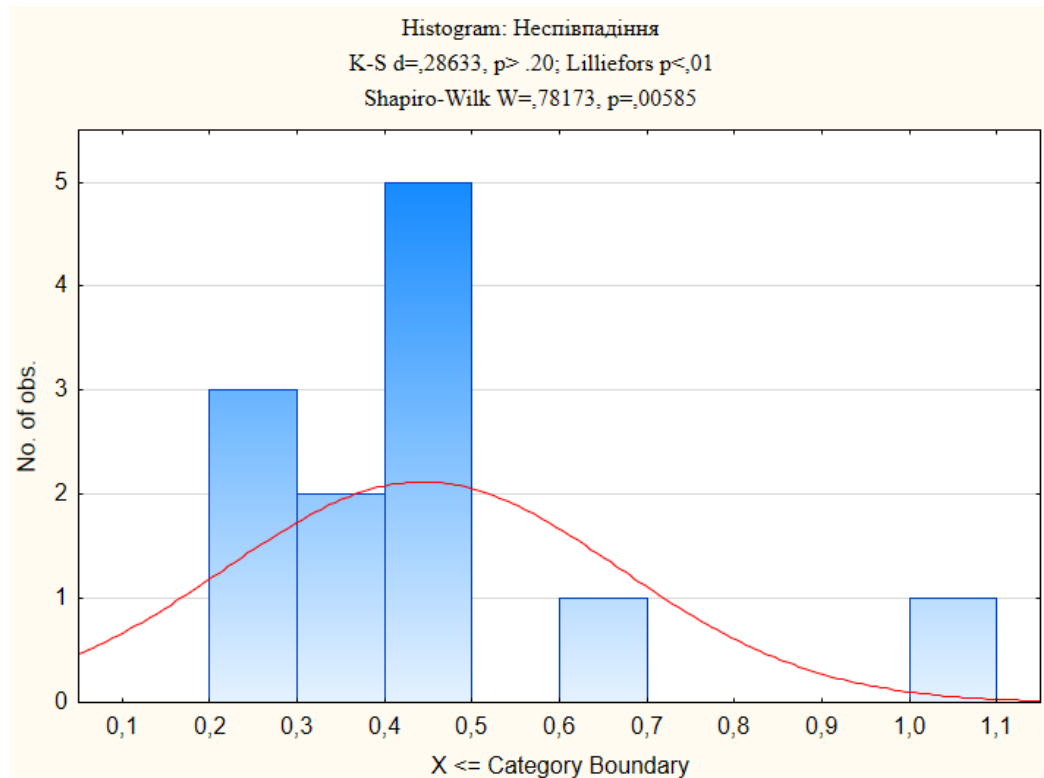


Рис. 2.6. Гістограма розподілу отриманих даних

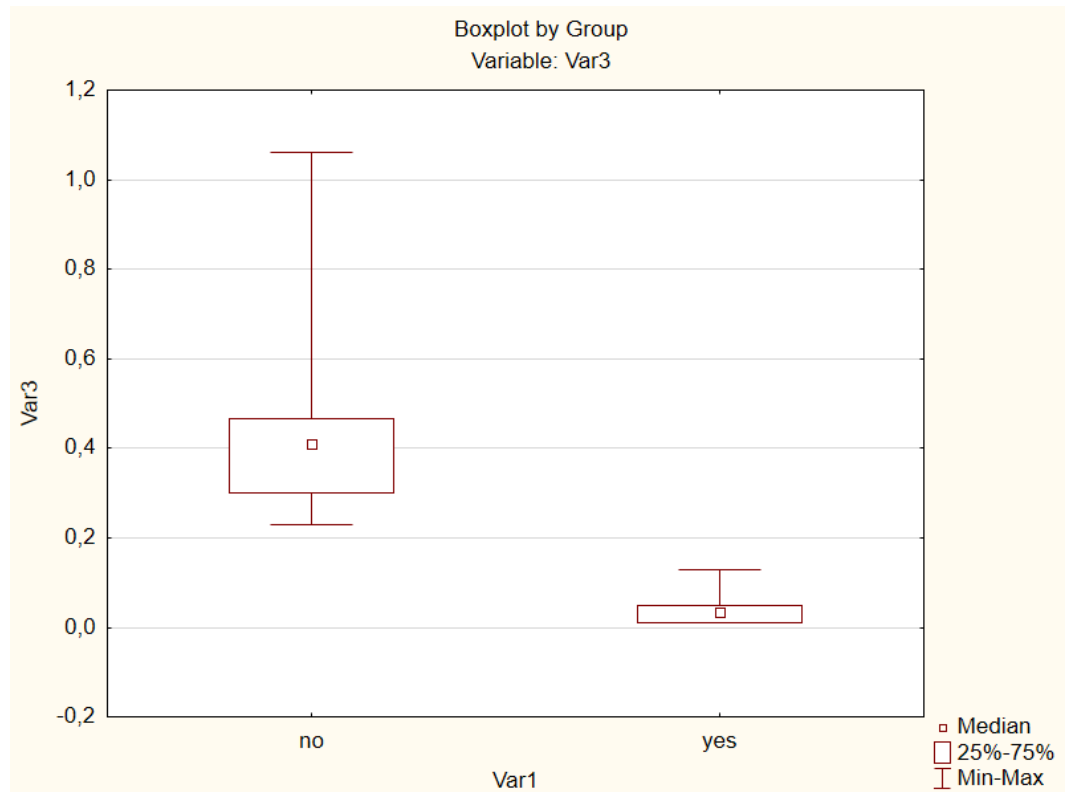


Рис. 2.7. Розподіл результатів у групах

2.4. Висновки

Відомо, що ширина частотних груп, отриманих за допомогою суб'єктивних та об'єктивних методів, близька.

У даному розділі було розглянуто можливість проведення оцінки якості проведення тесту слуху різними методами – порівнюючи визначену раніше ширину частотних груп, які були отримані за допомогою об'єктивних та суб'єктивних методів. Порівняння отриманих значень дало змогу отримати однозначні числові значення коефіцієнтів якості проведення дослідження стану слуху.

Значення коефіцієнтів, для оцінки яких було проведено статистичний аналіз, мають чітко виражену статистично значиму різницю для випадків, коли ширина частотних груп співпадає і не співпадає.

Імплементация зазначеного критерію дасть змогу підвищити точність проведення дослідження стану органу слуху біологічного об'єкту.

Також у рамках даного розділу було сформовано узагальнений алгоритм перевірки розподілу дослідних даних у експериментальних вибірках, який також був використаний у наступних розділах роботи. Даний алгоритм складається із використання двох чисельних (Шапіро-Уїлка та Ліллієфорса) та якісного (графічного) методів оцінки результатів на відповідність нормальному закону розподілу та може використовуватись для вибірок різного розміру.

Розділ 3

ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ СЛУХУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ОТОАКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ НА ЧАСТОТІ ПРОДУКТУ СПОТВОРЕННЯ ДЛЯ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

3.1. Основні фізичні принципи

Наразі одним із найбільш широкоживаних у отоларингологічній практиці методів об'єктивного дослідження стану слухового органу біологічного об'єкту є отоакустична емісія на частоті продукту спотворення (ОАЕПС). Сигнали емісії утворені структурами внутрішнього вуха у якості відповіді на вплив акустичними сигналами. Саме явище отоакустичної емісії, що є основою даного методу, було відкрито Девідом Кемпом[62].

Принцип реєстрації ОАЕПС наступний – пара чистих тонів, що мають частоти f_1 і f_2 , із використанням роздільних мікрофонів, одночасно подаються у слуховий прохід. Сам слуховий прохід має бути відрізаний від впливу зовнішнього середовища спеціальною прокладкою. Через нелінійні властивості завитку у слуховому проході з'являються спотворення, що викликані інтермодуляцією поданих сигналів – так званий продукт спотворення. Продуктів спотворення реєструється декілька, однак найпотужніший із них реєструється на частоті $2f_1 - f_2$. Для частот до 8 кГц f_2 має становити $1,22 f_1$, для частот вище 8 кГц - $1,15 f_1$. Рівень звукового тиску для частоти f_1 має становити 65 дБ, для – 55 дБ[63]. Після цього отриманий сигнал йде на подальшу обробку і дослід повторюється для наступного частотного діапазону. Сумарно частотні діапазони можуть перекривати область від 0 до 20 кГц. Описаний принцип діагностики стану слуху показано на рис. 3.1.

Під час проведення дослідження для заміни людського слухового каналу було використано слуховий канал морських свинок (кавія свійська звичайна, мурчак, лат. *cavia porcellus*). Причиною цього стало те, що слуховий канал морської свинки майже ідентичну будову до людського [64] – наявні відмінності

у будові як гіпотимпаноуму так і мезотимпануму, кругле та овальне вікно розміщені на різних площинах, і, окрім того, система кісточок має у своєму складі додаткову зв'язку [65].

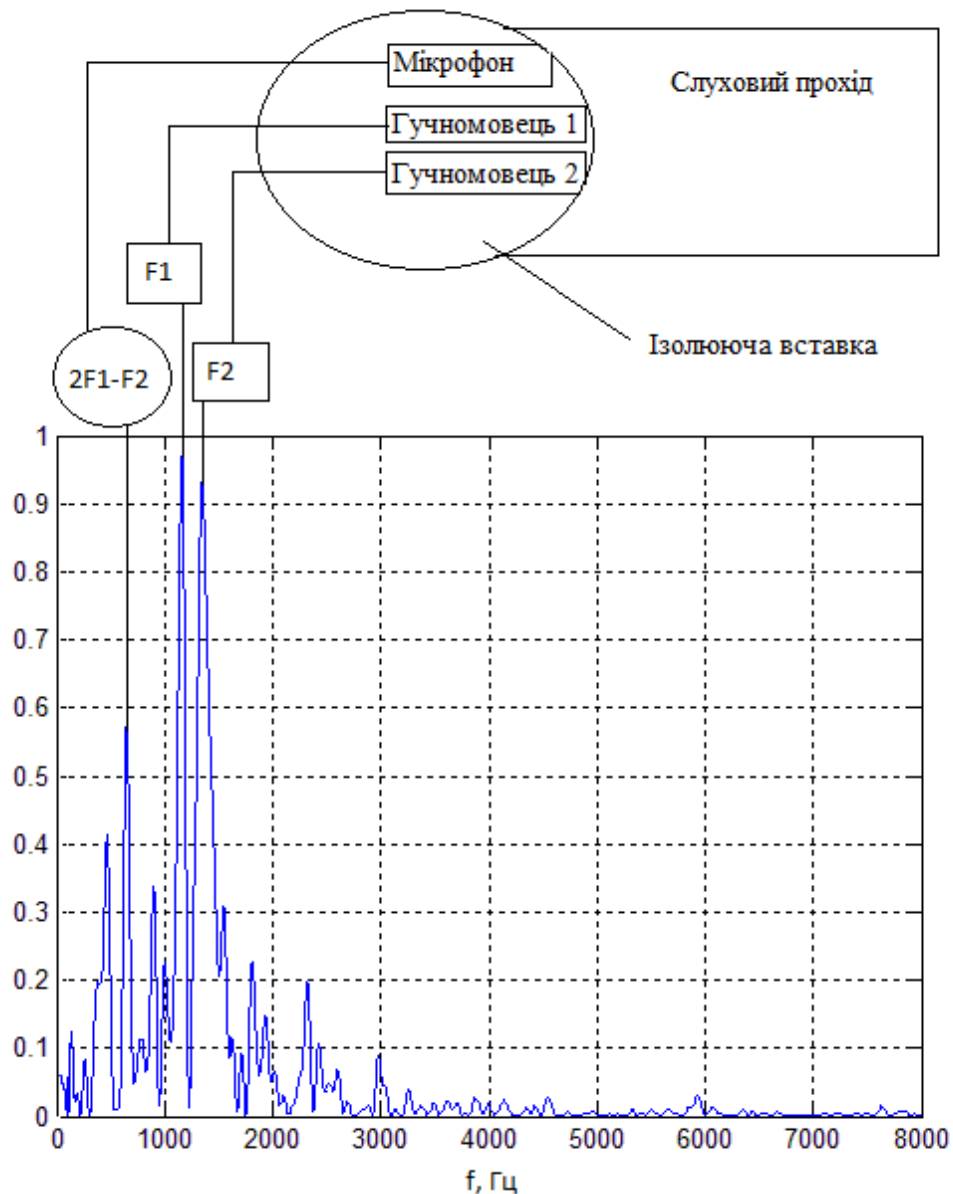


Рис. 3.1. Принцип реєстрації ОАЕПС

3.2. Загальний опис методів дослідження

Під час проведення дослідження було оцінено масив результатів дослідження стану слуху біологічного об'єкту, а саме морської свинки, шляхом

використання ОАЕПС. Отримані результати згруповані у експерименти, кожен з яких являє собою результати обстеження обох вух для восьми піддослідних об'єктів для 6 частот – 2, 4, 6, 8, 10 та 12 кГц, загалом кожен експеримент являє собою вибірку із 96 згрупованих по частотних смугах результатів.

Із сумарного масиву піддослідних об'єктів було виділено контрольну групу, яка не була експонована до медикаментозного впливу – результати оцінки стану слуху цієї групи були прийняті за нормальне значення для усіх подальших дослідів. Сумарно було проведено 40 дослідів із експозицією до медикаментозного впливу та один для встановлення нормального (вихідного) значення – експеримент №1. Тобто, зважаючи на те, що для кожного частотного діапазону кожного досліду було виконано 16 замірів, загалом було проведено 3936 вимірів, по 656 для кожної з частот, що застосовувалась.

Отримані результати були оброблені наступним чином – для кожної частотної смуги було визначено середнє значення амплітуди рівня звукового тиску, отриманого під час проведення експерименту, і після визначення відхилень у вибірці для кожної частоти було визначено їх довірчі інтервали. Довірчий інтервал визначає діапазон значень, до якого із вірогідністю 95% буде входити результат наступного ідентичного досліду. У приведеній роботі він становить $\sigma=1,96 \approx 2$ при $p=0,05$. Сігма[66] при цьому розраховується по формулі (3.1) або (3.2):

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum(\bar{x}-x_i)^2}{n-1} \quad (3.1)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x}-x_i)^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.3)$$

Де вираз (3.3) це середнє арифметичне значення вибірки, n – кількість результатів у вибірці, x_i – i -тий член вибірки.

Приведений алгоритм було використано як для оцінки нормального, так і експериментальних (із медикаментозною експозицією) експериментів.

Після цього кожна з частотних груп була скоригована із використанням критерію Соколова[67], що спричинило зміну середнього значення та довірчого інтервалу експерименту. Результати порівнювали до та після корекції, щоб визначити вплив критерію на результат дослідження. Після цього визначали наявність змін у статистичному аналізі після внесення правок.

Критерій Соколова наведено в Табл. 3.1[8]. Слід зазначити, що його значення для частот 10 і 12 кГц було встановлено методом апроксимації (рис. 3.2) – значення були отримані за допомогою програми „GetData”, а у зазначених частотних діапазонах - апроксимовані за допомогою „Excel” із використанням інструменту „Прогнозний аркуш”[8]. Екстраполяція [68] виконувалась за допомогою формули (3.4):

$$y = a + bx \quad (3.4)$$

Де константа (перехоплення):

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (3.5)$$

А коефіцієнт b (нахил лінії):

$$b = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2} \quad (3.6)$$

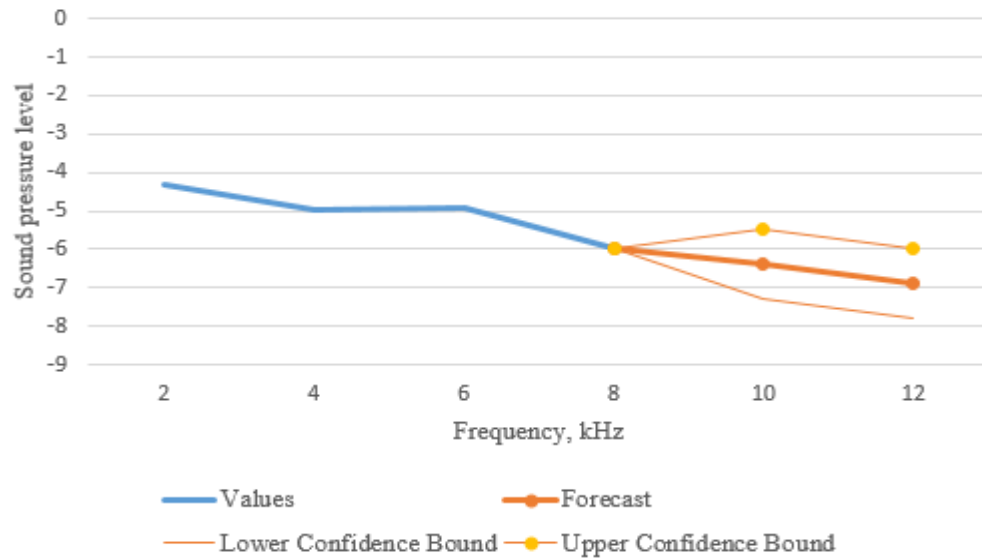


Рис. 3.2 Критерій Соколова

Сучасний метод оцінки результатів застосування отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення [69] приведено на рис. 3.3. Під час обробки результатів дослідження стану слуху при використанні отоакустичної емісії у випадку розміщення однієї з точок нижче фіксованого рівня вважається, що отоакустична емісія там не зареєстрована.

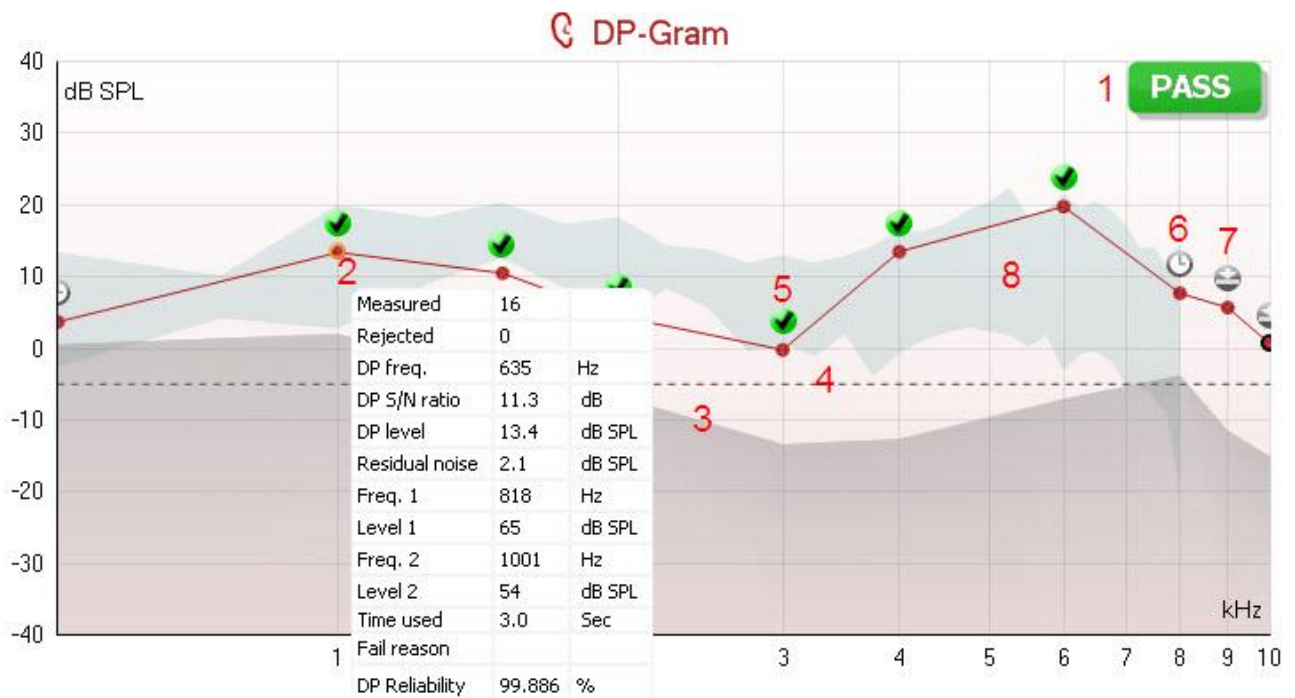


Рис. 3.3. Сучасний метод оцінки результатів застосування отоакустичної емісії

Порівнюючи наведені рисунки, можна побачити, що використання критерію додасть частотну залежність для оцінки наявності або відсутності слухової чутливості у даному діапазоні.

Табл. 3.1 Частотна характеристика тесту за Ю. К. Соколовим, доповнена для високих частот

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|----|-------|-------|
| Верхня межа довірчого інтервалу, дБ | | | | | -5,46 | -5,97 |
| Рівень звукового тиску, дБ | -4,34 | -4,95 | -4,92 | -6 | -6,37 | -6,88 |
| Нижня межа довірчого інтервалу, дБ | | | | | -7,29 | -7,80 |

Результати досліджень отримані за допомогою пристрою «Otoread» виробництва «Interacoustics». Зазначені результати згодом були оброблені за допомогою програмного забезпечення «Excel 2016» для оцінки середнього значення та довірчого інтервалу. Оцінка проводилась із застосуванням формули «Average» для визначення середнього значення та формули «StDev» для встановлення довірчого інтервалу, який для остаточного розрахунку помножили на 2. В той же час результати організовувались впорядковано шляхом реалізації команди «Сортувати» і вже після цього відбулося порівняння до критерію. Процедура проводиться за допомогою використання стандартних засобів редагування комірок програмного забезпечення.

Після цього було проведено статистичний аналіз отриманих результатів при використанні прикладних програм Microsoft Excel 2016 та Statistica. Для його проведення було використано як параметричні, так і непараметричні методи.

Нормальність розподілу встановлюється шляхом використання критерію нормальності Колмогорова, Ліллієфорса, тесту Шапіро-Уїлка та графічним порівнянням із графіком нормального розподілу. Важливо зазначити перехід до трьохфакторної оцінки нормальності від однофакторної (графічної). Точний алгоритм цієї оцінки приведено у попередньому розділі.

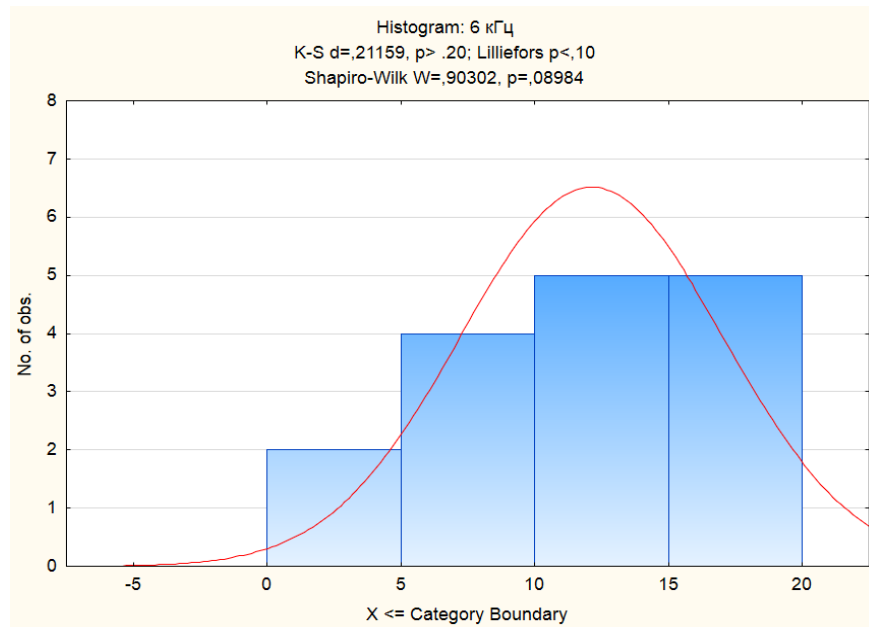


Рис. 3.4 Розподілення результатів для 6 кГц контрольної групи

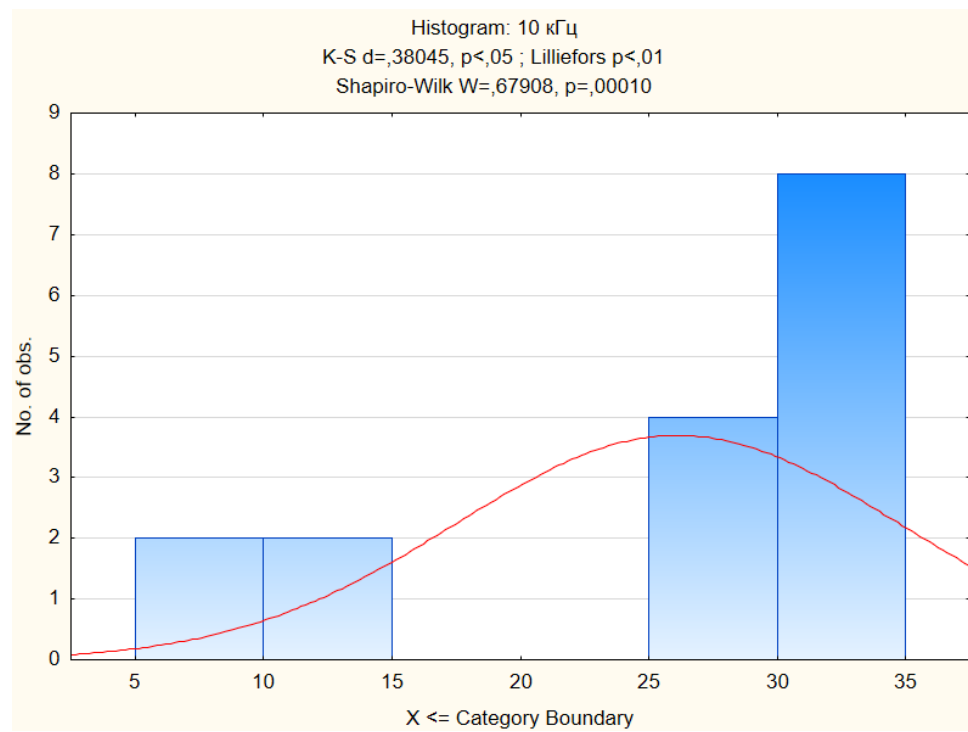


Рис. 3.5 Розподілення результатів для 10 кГц контрольної групи

Аналіз із використанням параметричних методів проводився шляхом використання t-критерію Стюдента[70], де це допускає наявний розподіл результатів у групі.

У випадку, коли результати у порівнюваних вибірках підкоряються нормальному закону розподілу (рис. 3.4 показує картину розподілу для 6 кГц контрольної групи) використовується вказаний критерій, який має різновиди для пов'язаних або непов'язаних вибірок, в залежності від їх співвідношення. У програмі Statistica цей критерій розміщено у розділі Basic Statistics/Tables (рис. 3.6).

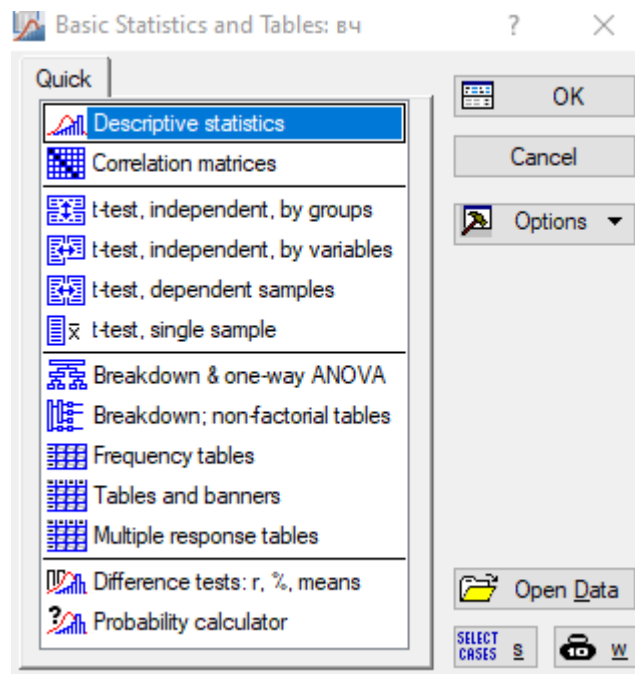


Рис. 3.6. Меню Basic Statistics

Для непов'язаних вибірок було використано формулу (3.7) та пункт «t-test, independent, by variables» рис. 3.6.

$$t = \frac{M_d}{\sigma_d / \sqrt{n}} \quad (3.7)$$

У приведеній формулі M_d – це середня різниця значень, σ_d – стандартне відхилення значень (3.8), n – кількість значень у вибірці.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum(M_d - d)^2}{n-1}}, \quad (3.8)$$

де d – це різниця значень у вибірках з однаковим номером.

Кількість ступенів свободи визначалась як (3.9).

$$f = n - 1 \quad (3.9)$$

Для пов'язаних вибірок формула (3.7) набувала наступного вигляду, а використовувався пункт «t-test, dependent samples» рис. 3.6.:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (3.10)$$

У формулі (3.10) M_1 – це середнє арифметичне першої порівнювальної вибірки, M_2 – це середнє арифметичне другої порівнювальної вибірки, m_1 та m_2 це відповідно середні похибки першої та другої середньої арифметичної. Середні похибки (3.11) розраховуються наступним чином:

$$m_m = \frac{\sigma_m}{\sqrt{n}} \quad (3.11)$$

При цьому σ_m – це стандартне відхилення вибірки. Кількість ступенів свободи (3.12) визначалась наступним чином:

$$f = n_1 + n_2 - 2 \quad (3.12)$$

У випадку ненормального розподілу результатів у вибірці необхідно використати критерій Вілкоксона (оскільки у вибірці $n < 50$) або U-критерій Манна-Уїтні (рис. 3.5 показує картину розподілу для 6 кГц контрольної групи) – тобто використати методи непараметричного аналізу, які у програмі Statistica цей критерій розміщено у розділі Nonparametric Statistics (рис. 3.7).

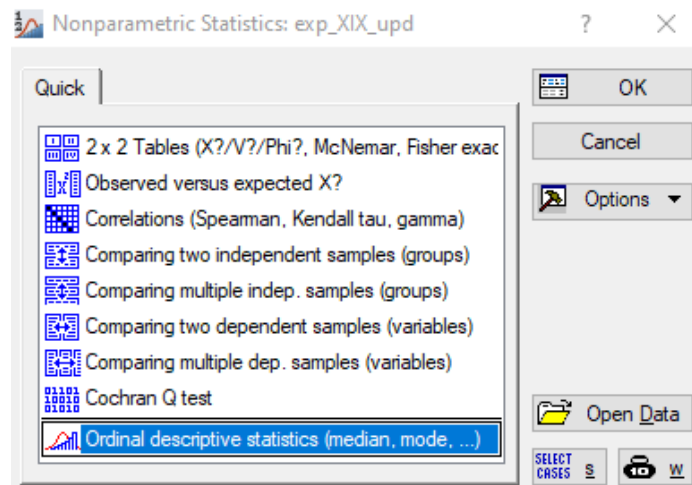


Рис. 3.7. Меню Nonparametric Statistics

Тест Уїлкоксона [71] було визначено по наступній формулі (3.13) та використовуючи пункт Comparing two dependent samples (variables) (рис. 3.7)

$$Z = \frac{U - m_w}{\sigma_w} \quad (3.13)$$

У приведеній формулі [72] складові (3.14) та (3.15) наступні:

$$m_w = \frac{n(n+1)}{4} \quad (3.14)$$

$$\sigma_w = \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}} \quad (3.15)$$

У приведених формулах n -розмір вибірки, U -менший індекс.

3.3. Опис результатів дослідження

Попередня апробація результатів дослідження приведена у роботі [8].

Отримані експериментальні результати були розподілені по 29 групах відповідно до характеру медикаментозного впливу, якому піддавалися піддослідні зразки. Склад груп показано у Додатку Б, табл.1.

Прирівняння до критерію проводилося наступним чином - у початковому масиві експериментальних даних отримані індивідуальні результати для кожної морської свинки, перед подальшою обробкою, оцінювались відповідно до критерію. Отже, ті випадки, коли значення SPL було нижчим за критичне, піддавались редагуванню, яке мало прирівняти їх значення до значень критерію.

Для оцінки вибірок із нормальним розподілом було використано t-критерій Стьюдента. Бралось до уваги також і те, чи існують взаємозв'язки між розглянутими вибірками, і в залежності від їх наявності використовувався критерій для залежних та незалежних вибірок. Для вибірок, де розподіл не є нормальним, використовувався критерій Вілкоксона, якщо вибірки пов'язані та U-критерій Манна-Уїтні, якщо вибірки не пов'язані. У Додатку Б, табл.2 приведено список дослідів та показані їх взаємовідношення.

У Додатку Б, табл.3 наведено список дослідів з кількістю випадків використання критерію для кожної з частотних смуг.

Після цього обчислювалось середнє значення та довірчий інтервал для відредагованих даних, які порівнювались із результатами, що були отримані до застосування критерію.

Таким чином потрібно визначити різницю між початковим та пропонованими алгоритмами обробки результатів. Початковий алгоритм має наступний вигляд:

1. Отримання результатів дослідження слуху за допомогою ОАЕПС.
2. Визначення відповідності розподілу результатів у групах необхідному для дослід.
3. Встановлення середнього значення рівня звукового тиску у частотному діапазоні.
4. Визначення довірчого інтервалу у частотному діапазоні.
5. Формування результату для дослід (групування середніх значень та довірчих інтервалів по усім діапазонам для дослід).
6. Виконання пп.1-5. для кожного дослід.
7. Порівняння отриманого результату із критерієм Соколова.
8. Проведення статистичного аналізу у відповідності із групою, до якої належить дослід.
9. Формування висновку про наявність слуху відповідно до критерію Соколова.
- 10.Формування висновку про наявність слуху на базі статистичного аналізу.

Після внесення змін алгоритм отримав наступний вигляд:

1. Отримання результатів дослідження слуху за допомогою ОАЕПС.
2. Нормалізація отриманих результатів за допомогою досліджуваного критерію.
3. Визначення відповідності розподілу результатів у групах необхідному для дослід.
4. Встановлення середнього значення рівня звукового тиску у частотному діапазоні.
5. Визначення довірчого інтервалу у частотному діапазоні.
6. Формування результату для дослід (групування середніх значень та довірчих інтервалів по усім діапазонам для дослід).

7. Виконання п.1-6. для кожного дослід.
8. Проведення статистичного аналізу у відповідності із групою, до якої належить дослід.
9. Формування висновку про наявність слуху на базі статистичного аналізу.

Загалом попередні результати застосування критерію наступні – для 2 кГц було виконано 63 заміни у 10 дослідів із 34, що зазнавали змін, тобто 9,6% усіх випадків; для 4 кГц було виконано 169 замін у 27 дослідів із 34, тобто 25,76%; для 6 кГц було виконано 168 замін у 29 дослідів із 34, тобто 25,61%; для 8 кГц було виконано 89 замін у 10 дослідів із 34, тобто 13,57%; для 10 кГц було виконано 68 замін у 9 дослідів із 34, тобто 10,37%; для 12 кГц було виконано 87 замін у 9 дослідів із 34, тобто 13,26%. У сумі було виконано 644 заміни, тобто у 16,3% усіх вимірів. Розподіл кількості замін наведено на рис. 3.8.

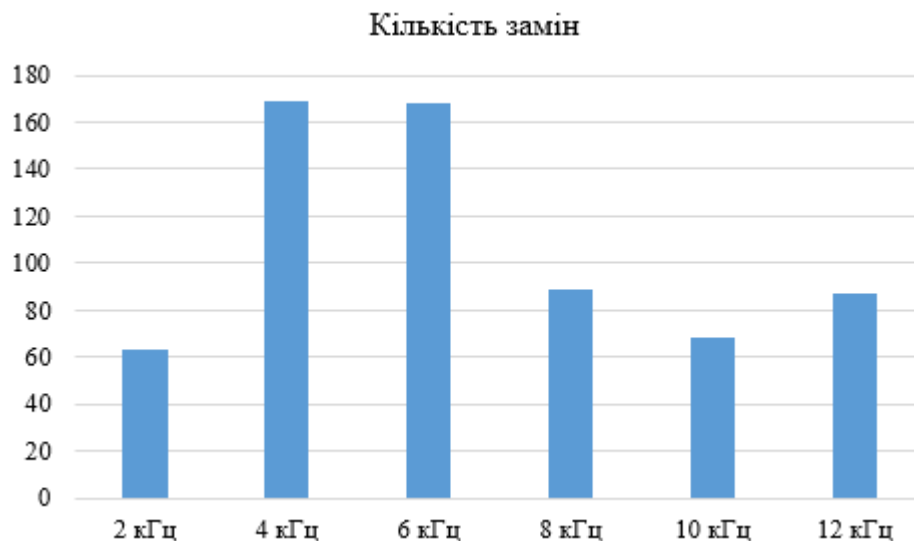


Рис. 3.8 Кількість замін значень у частотних групах

Далі необхідно вказати, що підлягати заміні могли від 1 до 16 значень частотного діапазону. Всього заміни були проведені у 94 частотних діапазонах. Розподіл по кількості замін у діапазоні приведено у табл. 3.2.

Табл. 3.2 Розподіл по кількості замін у частотному діапазоні

| Кількість замін | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|--------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Кількість частотних діапазонів | 21 | 5 | 7 | 6 | 6 | 3 | 7 | 2 | 3 | 7 | 3 | 3 | 5 | 6 | 6 | 3 |

З наведеної таблиці зрозуміло, що більшість випадків замін у частотному діапазоні були одиничними – 21 випадків. Сім частотних діапазонів мали заміни трьох, семи та десяти значень. Шість діапазонів мали заміни 2, 4, 5, 14 та 15 значень. Решта замін мали місце у п’яти або меншій кількості частотних діапазонів. Варто відмітити також те, що для трьох діапазонів були замінені усі значення. Для наочності графік розподілу наведено на рис.3.9. На цьому ж графіку приведено кількість замін по частотним діапазонам, де зміна середнього значення не досягла 5%. Кількість частотних діапазонів, де зміна середнього значення більше 5% складає 70, тобто 74% відсотків діапазонів, що зазнали нормалізації або 28,4% усіх діапазонів.



Рис.3.9. Розподіл кількості замін по кількості редагованих частотних діапазонів

Статистичний аналіз приведено на рис. 3.10. З нього видно, що для 54 частотних діапазонів присутні статистично значимі зміни, тобто для 57% відсотків діапазонів, що зазнали нормалізації або 22% усіх частотних діапазонів.



Рис. 3.10. Відношення частотних груп, де відбулась нормалізація середнього значення, однак де відсутні статистично значимі зміни до загальної кількості нормалізованих частотних діапазонів

Для кожного з експериментів заміни можливі у межах від одного до шести частотних діапазонів. Графік розподілу кількості частотних діапазонів, що були змінені при використанні критерію, приведено на рис.3.11. По наведеному матеріалі видно, що зміни були або у одному чи двох частотних діапазонах, або у шести. Тобто зрозуміло, що внаслідок застосування критерію у масив результатів експериментів були внесені або незначні правки, або результати були скориговані для усіх частотних діапазонів.

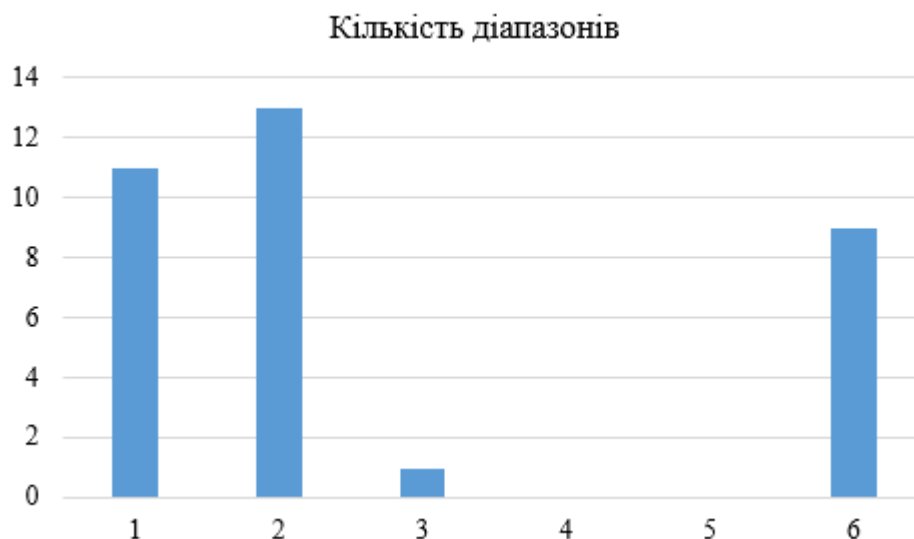


Рис.3.11 Розподіл кількості частотних діапазонів, що зазнали змін внаслідок використання по кількості експериментів.

Однак експерименти “Трофін 7 днів після Ін/тим”, “Трофін 14 днів до Ін/тим”, “Трофін 14 днів після Ін/тим”, “Трофін 14 днів до Інтра/перит”, “Трофін 14 днів після Інтра/перит”, “Протекторна дія після Інтра/перит”, “Терапевтична дія 7 днів після Ін/тим” змін не зазнавали взагалі, тобто 17% експериментів не були редаговані взагалі. Цей результат дещо менший, ніж ступінь максимального впливу – 22%.

3.4. Вплив застосування критерію на результати окремих експериментів

Розгляд конкретних результатів застосування критерію на результат кожного експерименту буде розглянута відносно двох критеріїв: кількості частотних груп, де були виконані заміни та, власне, кількості замін у частотній групі. Експерименти будуть пронумеровані відповідно до Табл.3. Додатку Б.

3.4.1. Вплив застосування критерію на результат експерименту №1 «Норма».

У експерименті №1 заміна була виконана в одному частотному діапазоні – 4 кГц. У ньому замінено було 2 значення. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.12.

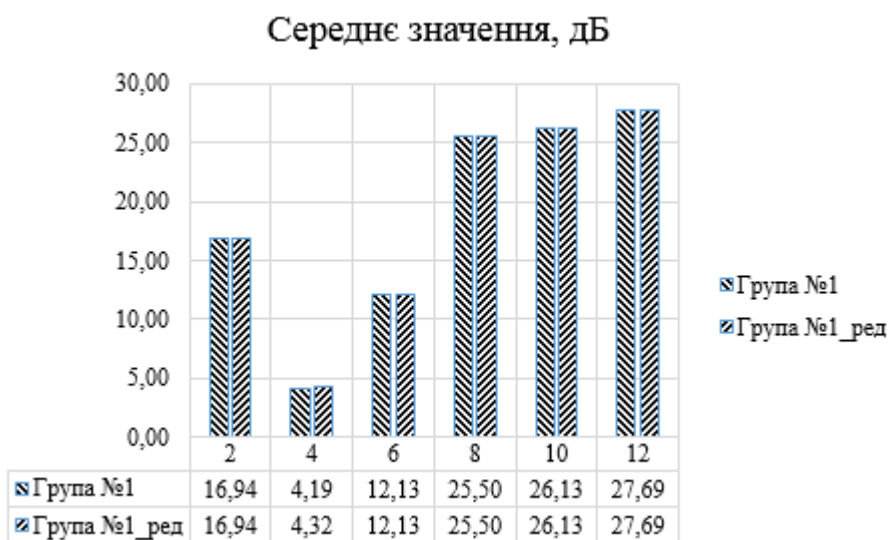


Рис. 3.12. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №1

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 4 кГц чутливість підвищена на 0,13 дБ. Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.13.

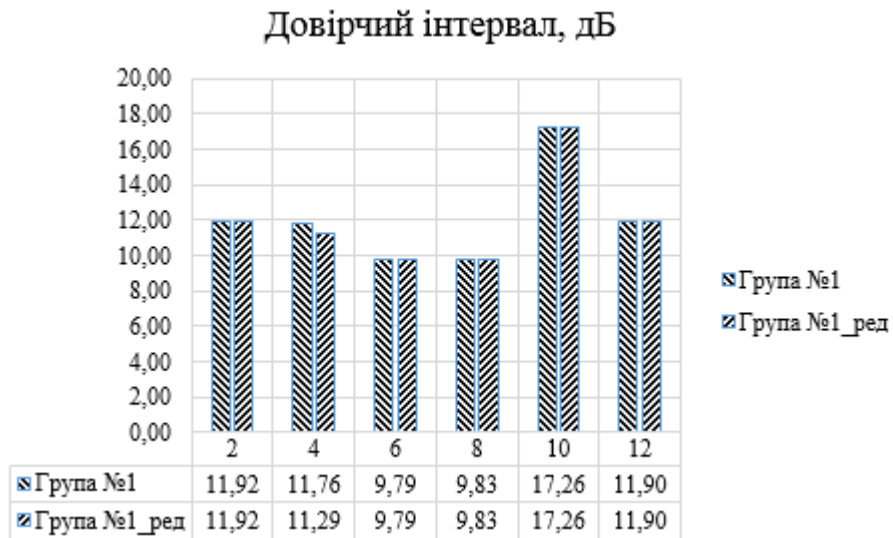


Рис. 3.13 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №1

Для довірчого інтервалу був отриманий наступний результат: порівняно із початковим результатом, інтервал для 4 кГц вужче на 0,47 дБ.

Загалом очевидно, що зміни як і у рамках частотної групи, так і у масштабі результатів всього експерименту отримані зміни були незначними.

3.4.2. Вплив застосування критерію на результат експерименту №2 «Гентаміцин 7 днів ДО».

У експерименті №2 заміна була виконана в двох частотних діапазонах – 4 кГц та 6 кГц. На діапазоні 4 кГц було виконано 4 заміни, а на 6 кГц – 1 заміну. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.14.



Рис. 3.14. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №2

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 4 кГц чутливість підвищена на 1,45 дБ, для 6 кГц знижена на 1,45 дБ.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.15.

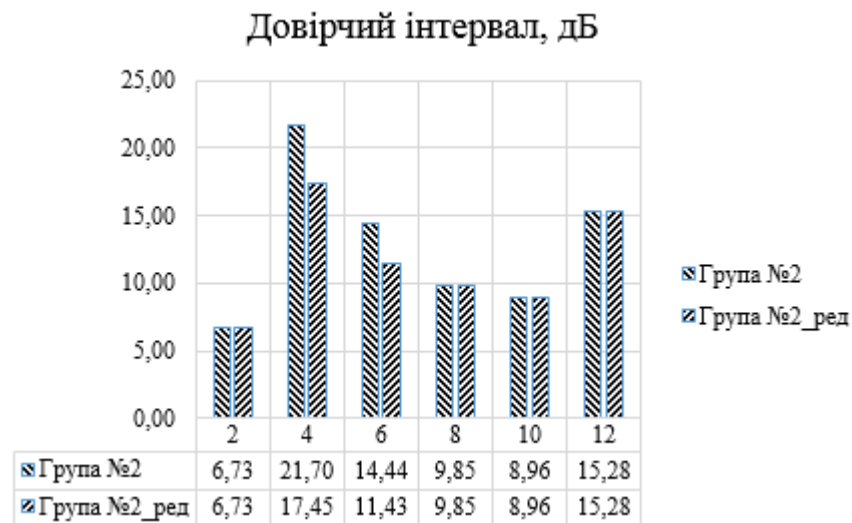


Рис. 3.15 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №2

Для довірчого інтервалу був отриманий наступний результат: порівняно із початковим результатом, інтервал для 4 кГц вужче на 0,47 дБ, для 6 кГц вужче на 3,01 дБ.

Загалом очевидно, що зміни як і у рамках розглянутих частотних груп, так і у масштабі результатів всього експерименту отримані зміни були порівняно незначними – тільки для одного діапазону зміна довірчого інтервалу перевищила 3 дБ, однак вищими, ніж у попередньому випадку.

3.4.3. Вплив застосування критерію на результат експерименту №7 «Трофін 7 днів ПІСЛЯ В/М».

У експерименті №7 заміна була виконана у трьох частотних діапазонах – 2 кГц, 4 кГц та 6 кГц. На діапазоні 2 кГц було виконано 1 заміну, на 4 кГц - 5 заміни, а на 6 кГц – 4 заміни. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.16.

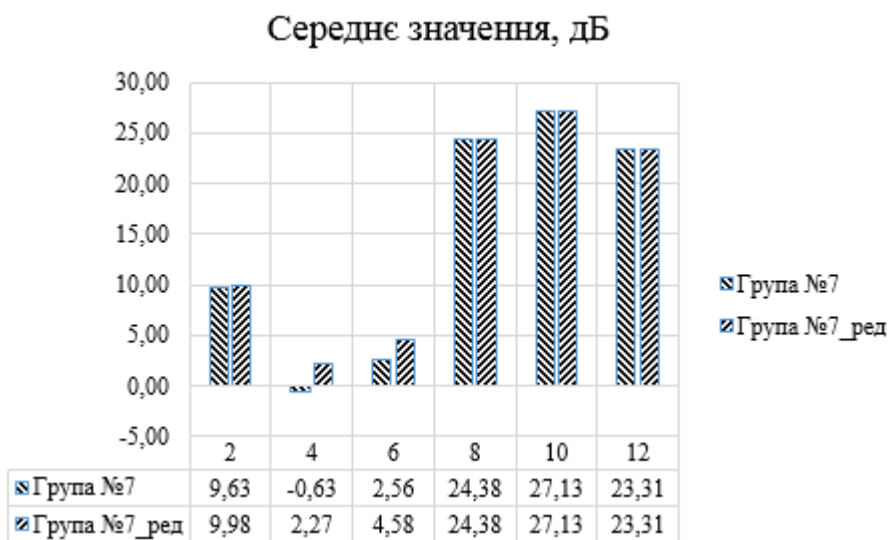


Рис. 3.16. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №7

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: 2 кГц чутливість підвищена на 0,35 дБ, для 4 кГц підвищена на 2,9 дБ, для 6 кГц – підвищена на 2,02 дБ. Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.17.

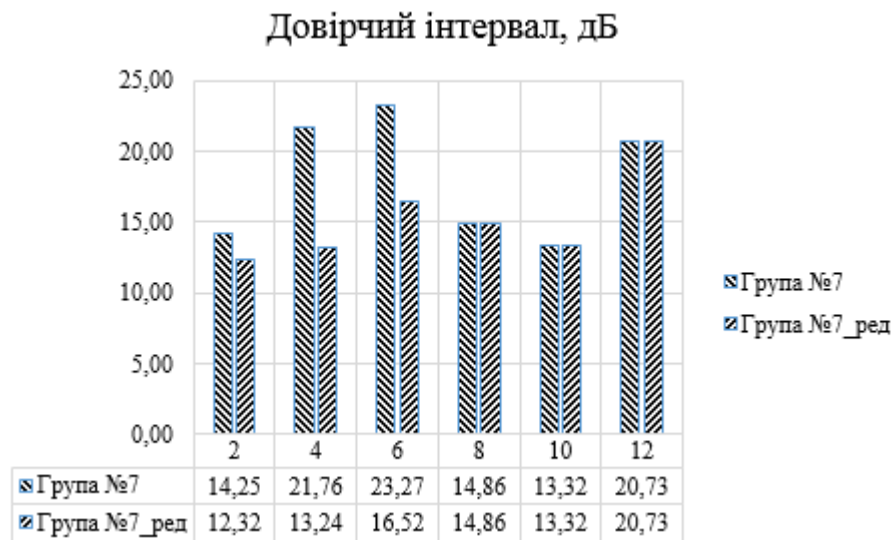


Рис. 3.17 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №7

Для довірчого інтервалу був отриманий наступний результат: порівняно із початковим результатом, інтервал для 2 кГц вужче на 1,93 дБ, для 4 кГц вужче на 8,52, для 6 кГц вужче на 6,75 дБ.

Загалом очевидно, що зміни як і у рамках розглянутих частотних груп, так і у масштабі результатів всього експерименту для середніх значень відсутні зміни, що перевищують 3 дБ, відсутні, однак варто зазначити наявність знакозмінності по діапазону 4 кГц. Для довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ для двох частотних діапазонів.

У наступних підрозділах будуть детально розглянуті результати дев'яти експериментів, що зазнали змін по усіх частотних діапазонах.

3.4.4. Вплив застосування критерію на результати експериментів при замінах у всіх частотних діапазонах.

3.4.4.1. Вплив застосування критерію на результат експерименту №3 «Гентаміцин 7 днів ПІСЛЯ».

У експерименті №3 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц було виконано 7 замін, на 4 кГц - 13 замін, на 6 кГц - 13 замін, на 8 кГц - 4 заміни, на 10 кГц - 2 заміни, а на 12 кГц – 7 заміни. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.18.



Рис. 3.18. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №3

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 2,04 дБ, для 4 кГц підвищена на 8,42 дБ, для 6 кГц підвищена на 8,88 дБ, для 8 кГц підвищена на 1,25 дБ, для 10 кГц підвищена на 0,7 дБ, для 12 кГц підвищена на 3,06 дБ.

Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найменше - для 10 кГц, а для 2 кГц, 8 кГц та 12 кГц збільшення приблизно рівні. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.19.

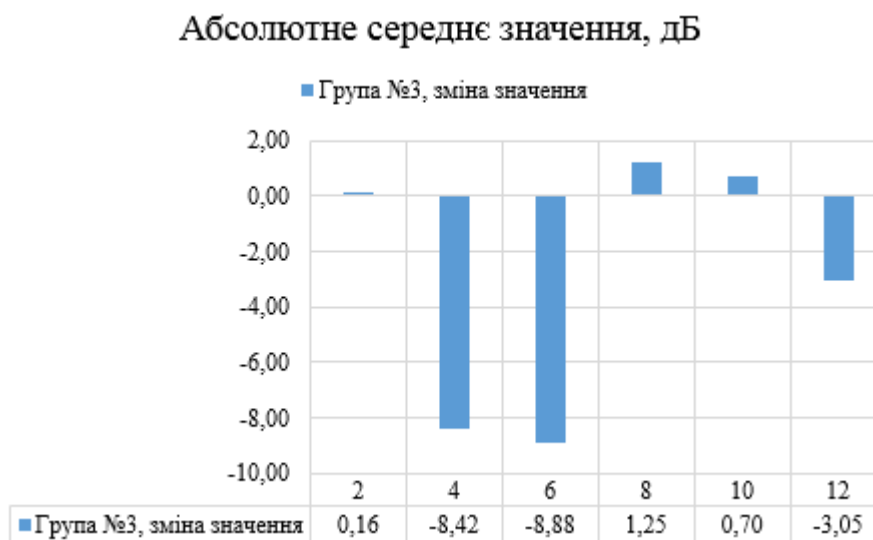


Рис. 3.19 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №3

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 0,16 дБ, для 4 кГц знижена на 8,42 дБ, для 6 кГц знижена на 8,88 дБ, для 8 кГц підвищена на 1,25 дБ, для 10 кГц підвищена на 0,7 дБ, для 12 кГц знижена на 3,06 дБ. Найменша зміна наявна на 2 кГц, де наявна знакозмінність середнього значення.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.20.

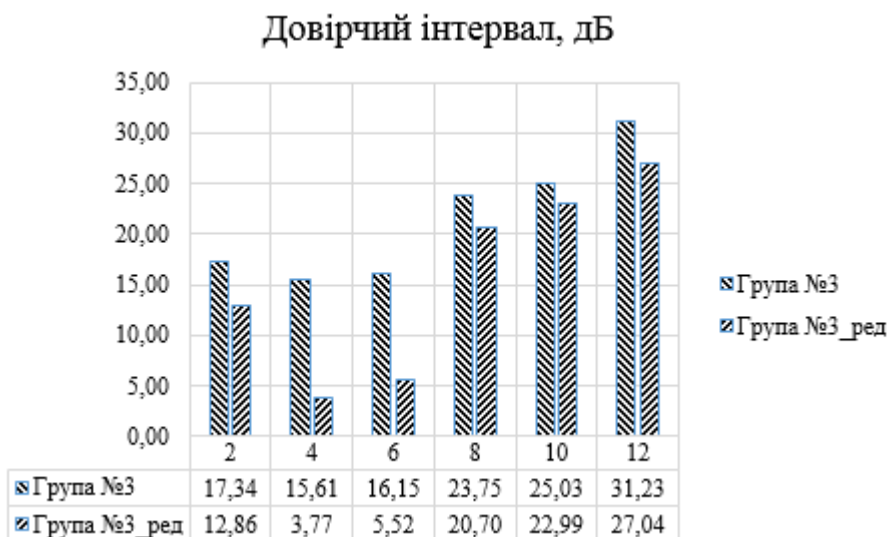


Рис. 3.20 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №3

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 4,48 дБ, для 4 кГц вужчий на 11,84 дБ, для 6 кГц вужчий на 10,63 дБ, для 8 кГц вужчий на 3,05 дБ, для 10 кГц вужчий на 2,04 дБ, для 12 кГц вужчий на 4,19 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 4 кГц, найнижче - на 8-12 кГц, де воно не сильно вирізняється для конкретних частот.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.3.

Табл. 3.3. Узагальнення отриманих результатів для експерименту №3

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 0,16 | -8,42 | -8,88 | 1,25 | 0,70 | -3,05 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 2,04 | 8,42 | 8,88 | 1,25 | 0,70 | 3,05 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -4,47 | -11,84 | -10,63 | -3,06 | -2,04 | -4,20 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 4-6 кГц, - найменші – для 10 кГц. Зміни більше 3 дБ присутні для 3 діапазонів. Для

довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ для двох частотних діапазонів – 4 та 6 кГц.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 19,31 дБ, після редагування вона стала рівною 11,6 дБ, тобто внесена різниця склала 7,71 дБ.

3.4.4.2. Вплив застосування критерію на результат експерименту №5 «Гентаміцин 14 днів ПІСЛЯ».

У експерименті №5 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц було виконано 10 замін, на 4 кГц - 15 замін, на 6 кГц - 15 замін, на 8 кГц - 14 замін, на 10 кГц - 15 замін, а на 12 кГц – 16 замін. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.21.

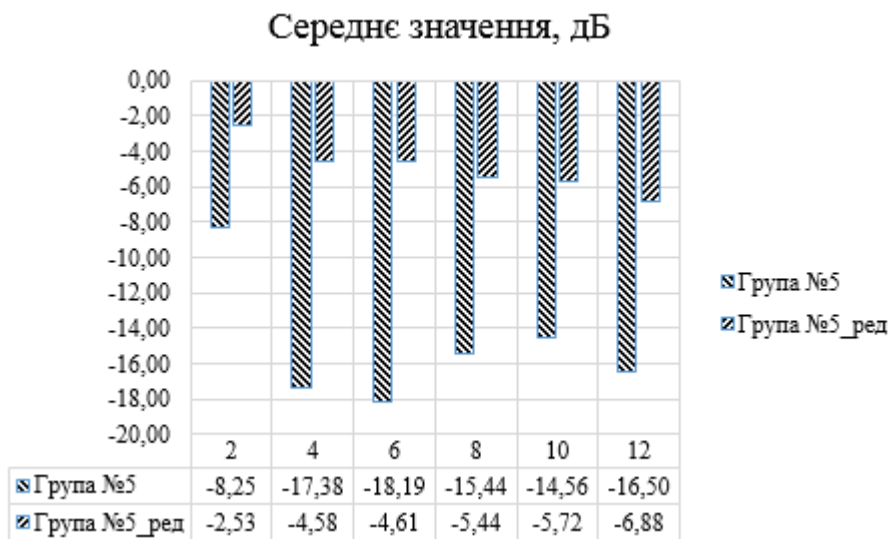


Рис. 3.21. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №5

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на

5,73 дБ, для 4 кГц підвищена на 12,8 дБ, для 6 кГц підвищена на 13,58 дБ, для 8 кГц підвищена на 10 дБ, для 10 кГц підвищена на 8,84 дБ, для 12 кГц підвищена на 9,62 дБ. Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найменше – для діапазону 2 кГц, де зміна не досягає 6 дБ. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.22.



Рис. 3.22 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №5

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 5,73 дБ, для 4 кГц знижена на 12,8 дБ, для 6 кГц знижена на 13,58 дБ, для 8 кГц знижена на 10 дБ, для 10 кГц знижена на 8,84 дБ, для 12 кГц знижена на 9,62 дБ. Отже, найбільше зниження абсолютного середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найменше - для 2 кГц. Найменша зміна наявна на 2 кГц, де відбулась найменша кількість замін.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.23.

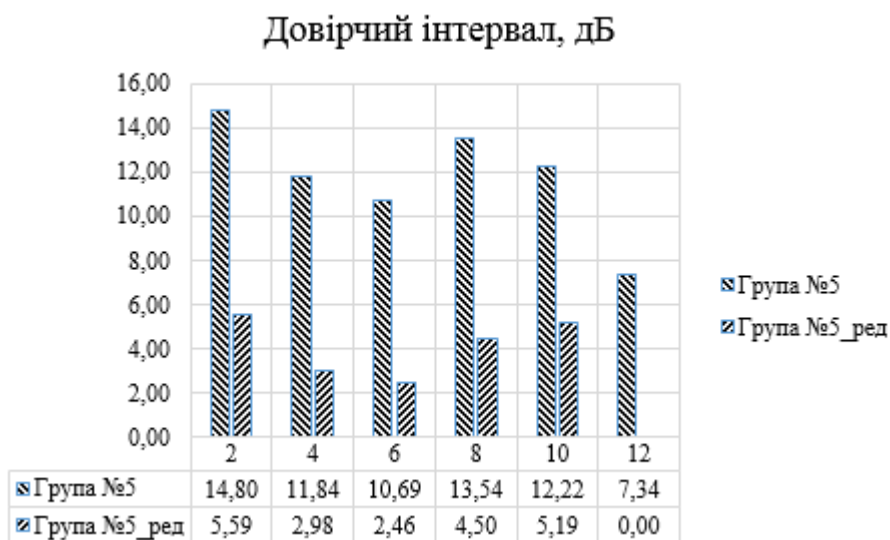


Рис. 3.23 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №5

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 9,2 дБ, для 4 кГц вужчий на 8,87 дБ, для 6 кГц вужчий на 8,23 дБ, для 8 кГц вужчий на 9,04 дБ, для 10 кГц вужчий на 7,03 дБ, для 12 кГц вужчий на 7,34 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 2 кГц, однак отримані результати не мають значної різниці між для конкретними частотними діапазонами.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.4.

Табл. 3.4 Узагальнення отриманих результатів для експерименту №5

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | -5,73 | -12,80 | -13,58 | -10,00 | -8,84 | -9,62 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 5,73 | 12,80 | 13,58 | 10,00 | 8,84 | 9,62 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -9,20 | -8,87 | -8,23 | -9,04 | -7,03 | -7,34 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 4-6 кГц, - найменші – для 2 кГц. Зміни менше 6 дБ присутні для 1 діапазонів. Для довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ для усіх частотних діапазонів.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 9,94 дБ, після редагування вона стала рівною 4,36 дБ, тобто внесена різниця складала 5,58 дБ.

3.4.4.3. Вплив застосування критерію на результат експерименту №14

«Протекторна дія після В/М».

У експерименті №14 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц була виконана 1 заміна, на 4 кГц - 3 заміни, на 6 кГц - 4 заміни, на 8 кГц - 3 заміни, на 10 кГц - 1 заміна, а на 12 кГц – 1 заміна. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.24.

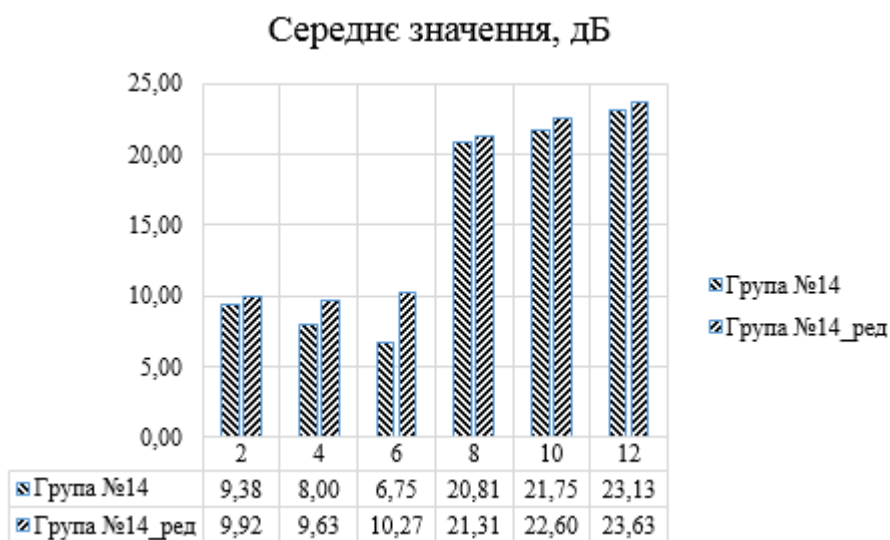


Рис. 3.24. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №14

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів

чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 0,54 дБ, для 4 кГц підвищена на 1,63 дБ, для 6 кГц підвищена на 3,52 дБ, для 8 кГц підвищена на 0,5 дБ, для 10 кГц підвищена на 0,85 дБ, для 12 кГц підвищена на 0,51 дБ. Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц. Лише для 6 кГц зміна була вище 3 дБ. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.25.



Рис. 3.25 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №14

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 0,54 дБ, для 4 кГц підвищена на 1,63 дБ, для 6 кГц підвищена на 3,52 дБ, для 8 кГц підвищена на 0,5 дБ, для 10 кГц підвищена на 0,85 дБ, для 12 кГц підвищена на 0,51 дБ. Отже, отримані значення тотожні змінам середніх значень, що викликано тим, що всі

середні значення мають один і той самий знак і не мають частотних смуг, де відбувалась би знаковмінність.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.26.

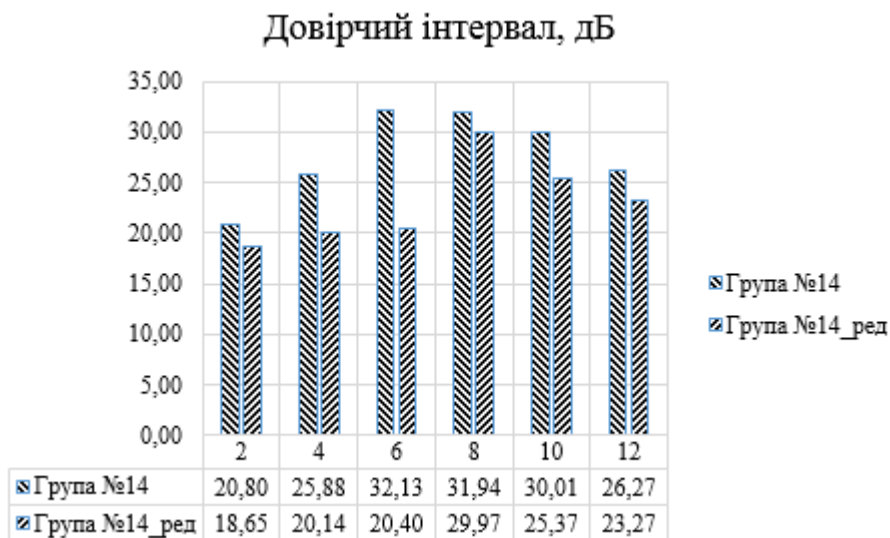


Рис. 3.26 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №14

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 2,14 дБ, для 4 кГц вужчий на 5,74 дБ, для 6 кГц вужчий на 11,72 дБ, для 8 кГц вужчий на 1,97 дБ, для 10 кГц вужчий на 4,04 дБ, для 12 кГц вужчий на 3 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 4 кГц, найнижче - на 8-12 кГц, де воно не сильно вирізняється для конкретних частот.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.5.

Табл. 3.5 Узагальнення отриманих результатів для експерименту №14

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 0,54 | 1,63 | 3,52 | 0,50 | 0,85 | 0,51 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 0,54 | 1,63 | 3,52 | 0,50 | 0,85 | 0,51 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -2,14 | -5,74 | -11,72 | -1,97 | -4,64 | -3,00 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 4-6 кГц, - найменші – для 10 кГц. Зміни більше 3 дБ лише для одного діапазону – 6 кГц. Для довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ для одного частотного діапазону – 6 кГц.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 16,38 дБ, після редагування вона стала рівною 14 дБ, тобто внесена різниця склала 2,38 дБ.

3.4.4.4. Вплив застосування критерію на результат експерименту №19

«Терапевтична дія 7 днів під час в/м».

У експерименті №19 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц було виконано 8 замін, на 4 кГц - 15 замін, на 6 кГц - 14 замін, на 8 кГц - 12 замін, на 10 кГц - 10 замін, а на 12 кГц – 9 замін. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.27.

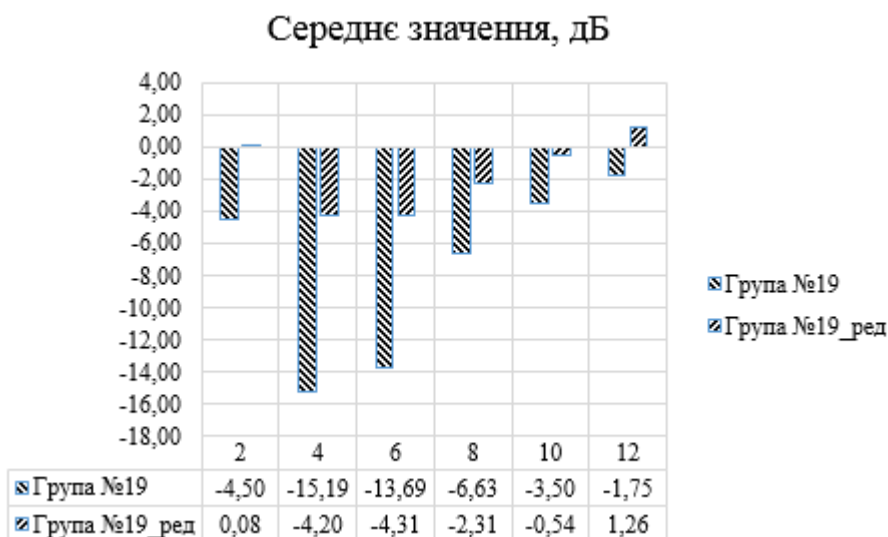


Рис. 3.27. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №19

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 4,58 дБ, для 4 кГц підвищена на 10,98 дБ, для 6 кГц підвищена на 9,38 дБ, для 8 кГц підвищена на 4,31 дБ, для 10 кГц підвищена на 2,96 дБ, для 12 кГц підвищена на 3,01 дБ. Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найменше - для 10 кГц, а для 2 кГц, 8 кГц та 12 кГц збільшення приблизно рівні. Для діапазонів 2 кГц та 12 кГц наявна знакозміна. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.28.

Абсолютна зміна середнього значення, дБ

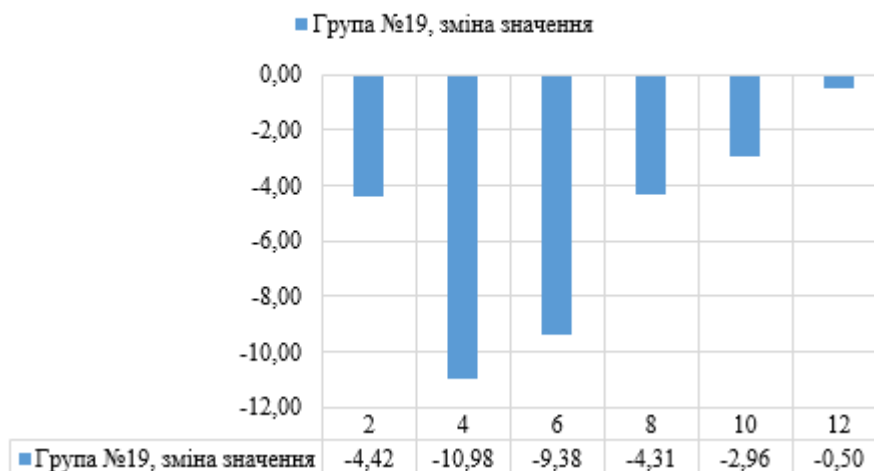


Рис. 3.28 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №19

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 4,24 дБ, для 4 кГц знижена на 10,68 дБ, для 6 кГц знижена на 9,38 дБ, для 8 кГц знижена на 4,31 дБ, для 10 кГц знижена на 2,96 дБ, для 12 кГц знижена на 0,5 дБ. Отже, найбільше зниження абсолютного середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц. Найменша зміна наявна на 12 кГц, де наявна знакозмінність середнього значення.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.29.

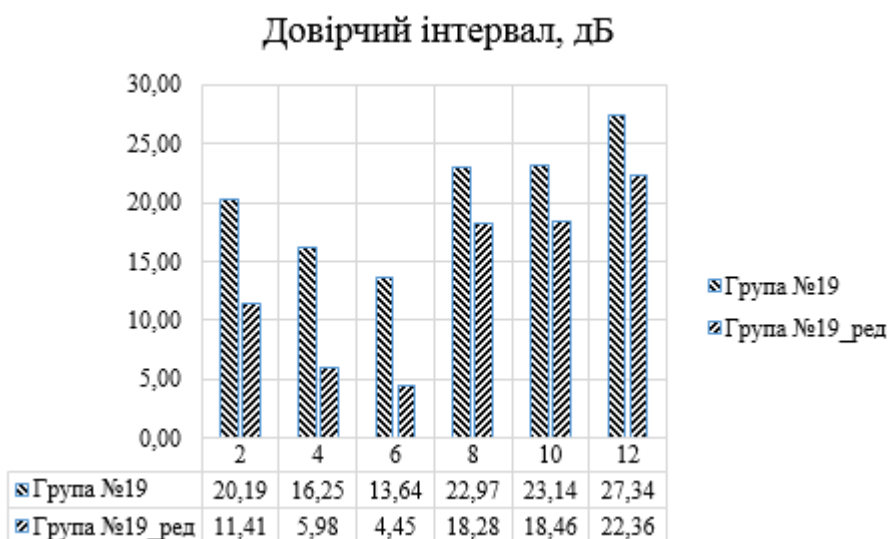


Рис. 3.29 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №19

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 8,77 дБ, для 4 кГц вужчий на 10,28 дБ, для 6 кГц вужчий на 9,18 дБ, для 8 кГц вужчий на 4,68 дБ, для 10 кГц вужчий на 4,68 дБ, для 12 кГц вужчий на 4,98 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 4 кГц, найнижче - на 8-12 кГц, що корелює з кількістю виконаних замін.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.6 [8].

Табл. 3.6 Узагальнення отриманих результатів для експерименту №19

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | -4,42 | -10,98 | -9,38 | -4,31 | -2,96 | -0,50 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 4,58 | 10,98 | 9,38 | 4,31 | 2,96 | 3,01 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -8,77 | -10,28 | -9,18 | -4,68 | -4,68 | -4,98 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 4-6 кГц, - найменші – для 10 кГц. Зміни більше 3 дБ присутні для 5 діапазонів. Для довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ для трьох частотних діапазонів – 2, 4 та 6 кГц.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 13,44 дБ, після редагування вона стала рівною 5,56 дБ, тобто внесена різниця склала 7,88 дБ.

3.4.4.5. Вплив застосування критерію на результат експерименту №22

«Терапевтична дія 7 днів під час ін/тим».

У експерименті №22 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц було виконано 7 замін, на 4 кГц - 14 замін, на 6 кГц - 14 замін, на 8 кГц - 10 замін, на 10 кГц - 6 замін, а на 12 кГц – 9 замін. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.30.



Рис. 3.30. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №22

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів

чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 3,48 дБ, для 4 кГц підвищена на 9,86 дБ, для 6 кГц підвищена на 8,95 дБ, для 8 кГц підвищена на 1,25 дБ, для 10 кГц підвищена на 2,05 дБ, для 12 кГц підвищена на 2,94 дБ. Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найменше - для 10 кГц, а для 2 кГц, 8 кГц та 12 кГц збільшення приблизно рівні. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.31.



Рис. 3.31 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №22

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 0,35 дБ, для 4 кГц знижена на 9,86 дБ, для 6 кГц знижена на 8,95 дБ, для 8 кГц знижена на 4,63 дБ, для 10 кГц підвищена на 2,05 дБ, для 12 кГц знижена на 1,81 дБ. Отже, найбільше зниження абсолютного середнього значення спостерігається для

діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найбільше підвищення - для 10 кГц. Найменша зміна наявна на 2 кГц, де наявна знакозмінність середнього значення.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.32.

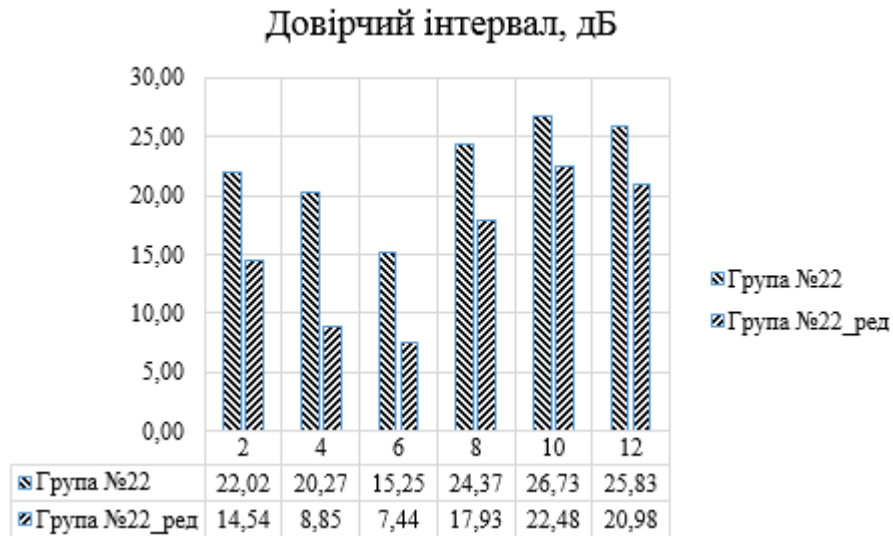


Рис. 3.32 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №22

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 7,48 дБ, для 4 кГц вужчий на 11,42 дБ, для 6 кГц вужчий на 7,8 дБ, для 8 кГц вужчий на 6,44 дБ, для 10 кГц вужчий на 4,25 дБ, для 12 кГц вужчий на 4,85 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 4 кГц, найнижче - на 10-12 кГц, де воно не сильно вирізняється для конкретних частот.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.7 [8].

Табл. 3.7 Узагальнення отриманих результатів для експерименту №22

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|--------|-----------|-------|-------|-------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 0,35 | -9,86 | - 8,95 | -4,63 | 2,05 | -1,81 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 3,48 | 9,86 | 8,95 | 4,63 | 2,05 | 2,94 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -7,48 | -11,42 | - 7,80 | -6,44 | -4,25 | -4,85 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 4-6 кГц, - найменші – для 10 кГц. Зміни більше 3 дБ присутні для 2-8 кГц. Для довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ присутні для 2-8 кГц.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 14,5 дБ, після редагування вона стала рівною 7,29 дБ, тобто внесена різниця склала 7,21 дБ.

3.4.4.6. Вплив застосування критерію на результат експерименту №24

«Терапевтична дія 7 днів під час інтра\перитон».

У експерименті №24 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц було виконано 9 замін, на 4 кГц - 16 замін, на 6 кГц - 16 замін, на 8 кГц - 13 замін, на 10 кГц - 10 замін, а на 12 кГц – 12 замін. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.33.

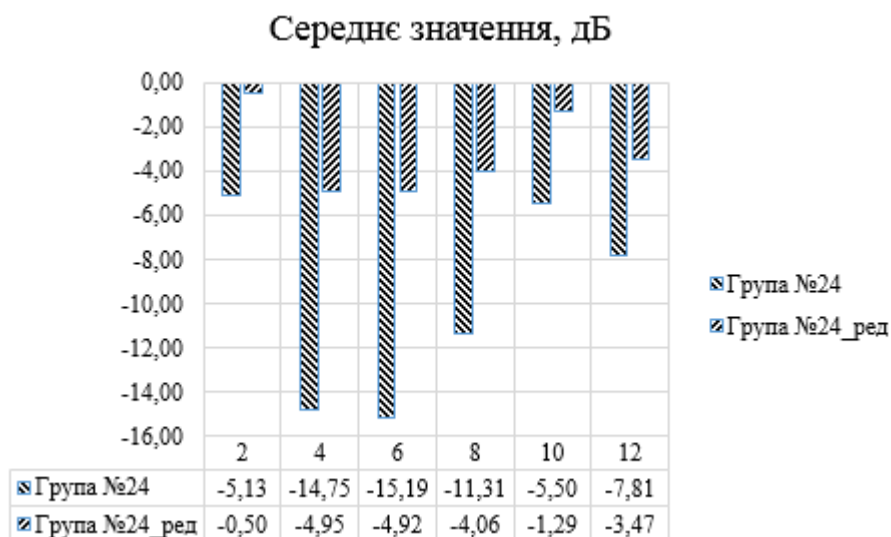


Рис. 3.33. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №24

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 4,63 дБ, для 4 кГц підвищена на 9,8 дБ, для 6 кГц підвищена на 10,27 дБ, для 8 кГц підвищена на 7,25 дБ, для 10 кГц підвищена на 4,21 дБ, для 12 кГц підвищена на 4,34 дБ. Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найменше - для 10 кГц, а для 2 кГц та 12 кГц збільшення приблизно рівні. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.34.

Абсолютна зміна середнього значення, дБ



Рис. 3.34 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №24

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 4,62 дБ, для 4 кГц знижена на 9,8 дБ, для 6 кГц знижена на 10,27 дБ, для 8 кГц знижена на 7,25 дБ, для 10 кГц знижена на 4,21 дБ, для 12 кГц знижена на 4,34 дБ. Отже, найбільше зниження абсолютного середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, зміни для 2 кГц, 10 кГц та 12 кГц приблизно рівні.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.35.

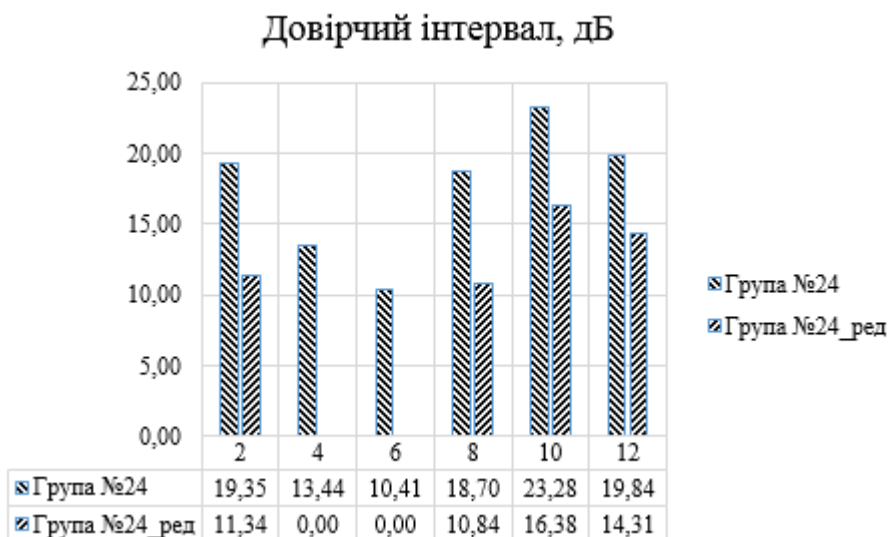


Рис. 3.35 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №24

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 8,01 дБ, для 4 кГц вужчий на 13,44 дБ, для 6 кГц вужчий на 10,41 дБ, для 8 кГц вужчий на 7,86 дБ, для 10 кГц вужчий на 6,9 дБ, для 12 кГц вужчий на 5,53 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 4 та 6 кГц, де внаслідок заміни він стає рівним 0.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.8 [8].

Табл. 3.8 Узагальнення отриманих результатів для експерименту №24

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|--------|------------|-------|-------|-------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | -4,62 | -9,80 | - 10,27 | -7,25 | -4,21 | -4,34 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 4,62 | 9,80 | 10,27 | 7,25 | 4,21 | 4,34 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -8,01 | -13,44 | - 10,41 | -7,86 | -6,90 | -5,53 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 4-6 кГц, - найменші – для 10 кГц. Зміни більше 3 дБ присутні для 3 діапазонів. Для

довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ для двох частотних діапазонів – 4 та 6 кГц.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 10,06 дБ, після редагування вона стала рівною 4,45 дБ, тобто внесена різниця склала 5,62 дБ.

3.4.4.7. Вплив застосування критерію на результат експерименту №27

«Терапевтична дія 14 днів під час в/м».

У експерименті №27 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц було виконано 8 замін, на 4 кГц - 13 замін, на 6 кГц - 14 замін, на 8 кГц - 11 замін, на 10 кГц - 10 замін, а на 12 кГц – 11 замін. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.36.

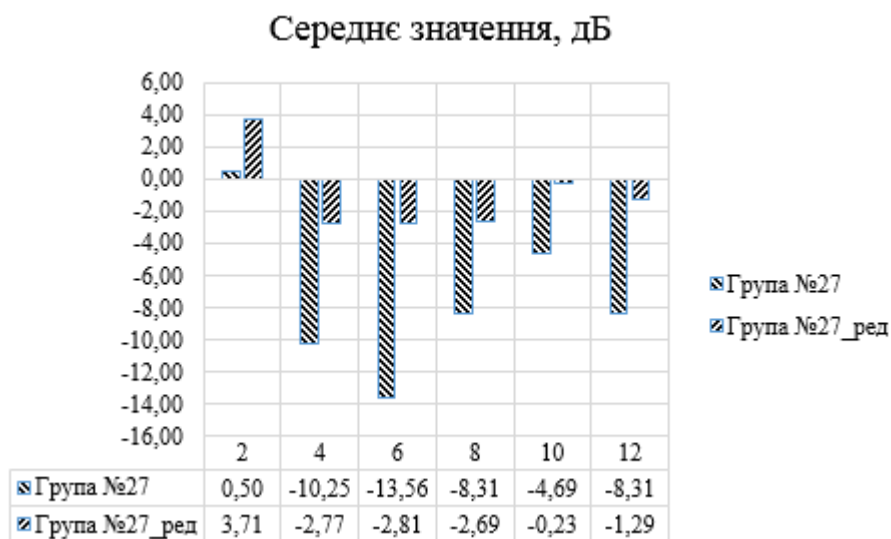


Рис. 3.36. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №27

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на

3,21 дБ, для 4 кГц підвищена на 7,48 дБ, для 6 кГц підвищена на 10,76 дБ, для 8 кГц підвищена на 5,63 дБ, для 10 кГц підвищена на 4,46 дБ, для 12 кГц підвищена на 7,02 дБ. Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найменше - для 2 кГц. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.37.



Рис. 3.37 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №27

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 3,21 дБ, для 4 кГц знижена на 7,48 дБ, для 6 кГц знижена на 10,76 дБ, для 8 кГц знижена на 5,63 дБ, для 10 кГц знижена на 4,46 дБ, для 12 кГц знижена на 7,02 дБ. Отже, найбільше зниження абсолютного середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, підвищення - для 2 кГц.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.38.

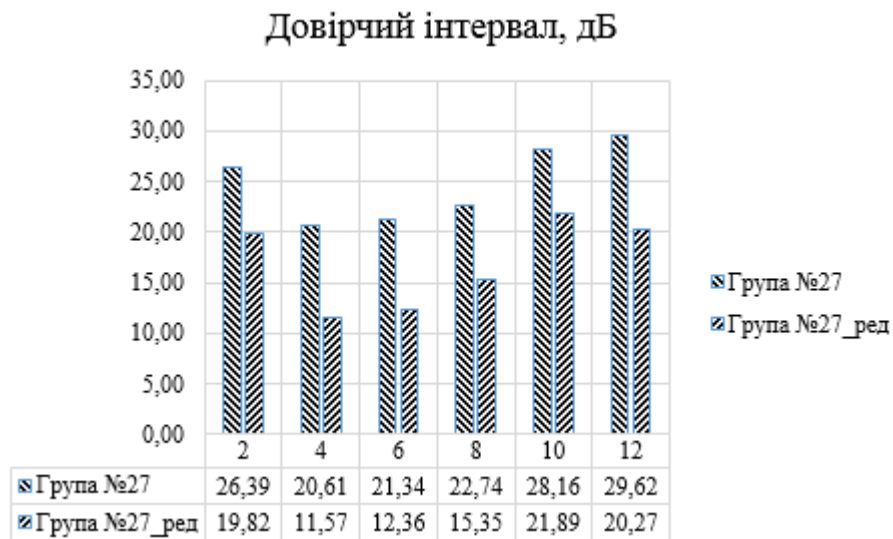


Рис. 3.38 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №27

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 6,57 дБ, для 4 кГц вужчий на 9,05 дБ, для 6 кГц вужчий на 4,46 дБ, для 8 кГц вужчий на 7,39 дБ, для 10 кГц вужчий на 6,27 дБ, для 12 кГц вужчий на 9,35 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 4, 6 та 12 кГц де воно не сильно вирізняється для конкретних частот, найнижче - на 2 та 10 кГц.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.9.

Табл. 3.9. Узагальнення отриманих результатів для експерименту №27

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 3,21 | -7,48 | - 10,76 | -5,63 | -4,46 | -7,02 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 3,21 | 7,48 | 10,76 | 5,63 | 4,46 | 7,02 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -6,57 | -9,05 | -8,98 | -7,39 | -6,27 | -9,35 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 6 кГц, - найменші – для 2 кГц. Зміни більше 3 дБ присутні для усіх діапазонів. Для довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ для усіх наявних діапазонів.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 14,06 дБ, після редагування вона стала рівною 6,51 дБ, тобто внесена різниця склала 7,55 дБ.

3.4.4.8. Вплив застосування критерію на результат експерименту №30 «Терапевтична дія 14 днів під час ін\тим».

У експерименті №30 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц було виконано 5 замін, на 4 кГц - 13 замін, на 6 кГц - 14 замін, на 8 кГц - 11 замін, на 10 кГц - 7 замін, а на 12 кГц – 10 замін. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.39.



Рис. 3.39. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №30

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 0,96 дБ, для 4 кГц підвищена на 6,85 дБ, для 6 кГц підвищена на 11,2 дБ, для 8 кГц підвищена на 6,25 дБ, для 10 кГц підвищена на 3,03 дБ, для 12 кГц

підвищена на 6,39 дБ. Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 6 кГц, найменше - для 2 кГц, а для 4 кГц, 8 кГц та 12 кГц збільшення приблизно рівні. Знакозмінність наявна для діапазонів 10 та 12 кГц. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.40.

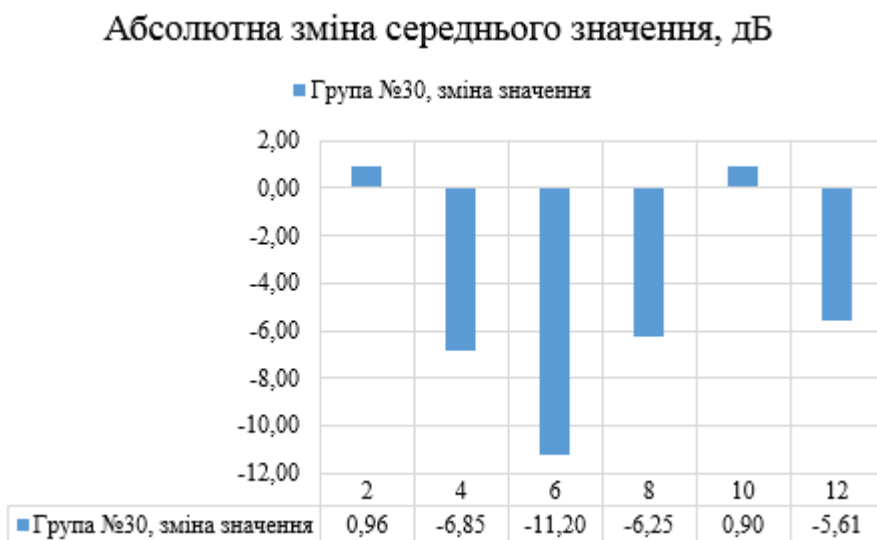


Рис. 3.40 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №30

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 0,96 дБ, для 4 кГц знижена на 6,85 дБ, для 6 кГц знижена на 11,2 дБ, для 8 кГц знижена на 6,25 дБ, для 10 кГц підвищена на 4,46 дБ, для 12 кГц знижена на 5,61 дБ. Отже, найбільше зниження абсолютного середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, підвищення - для 2 та 10 кГц.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.41.

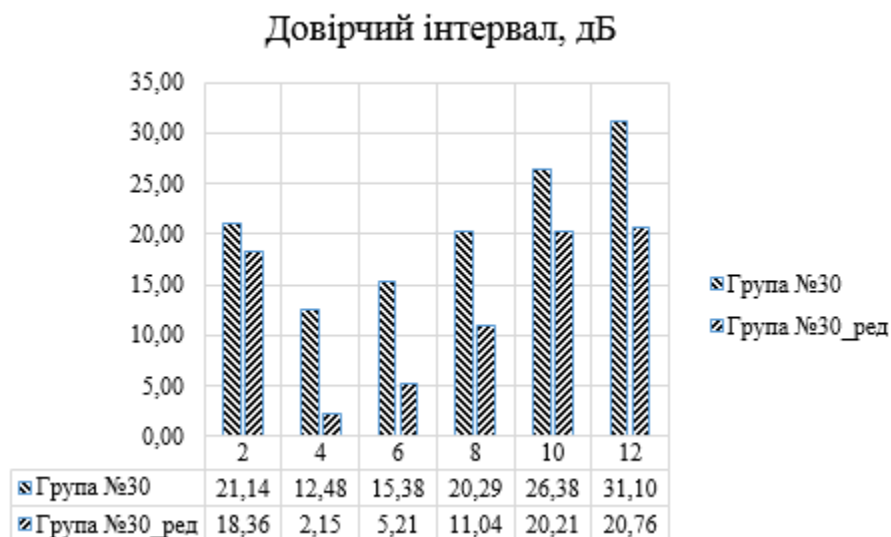


Рис. 3.41 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №30

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 2,78 дБ, для 4 кГц вужчий на 10,33 дБ, для 6 кГц вужчий на 10,17 дБ, для 8 кГц вужчий на 9,25 дБ, для 10 кГц вужчий на 6,16 дБ, для 12 кГц вужчий на 10,35 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 4 кГц, найнижче - на 8-12 кГц, де воно не сильно вирізняється для конкретних частот.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.10.

Табл. 3.10 Узагальнення отриманих результатів для експерименту №30

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|--------|------------|-------|-------|--------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 0,96 | -6,85 | - 11,20 | -6,25 | 0,90 | -5,61 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 0,96 | 6,85 | 11,20 | 6,25 | 3,03 | 6,39 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -2,78 | -10,32 | - 10,17 | -9,25 | -6,16 | -10,35 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 4-6 кГц, - найменші – для 10 кГц. Зміни більше 3 дБ присутні для 5 діапазонів, окрім 2 кГц. Для довірчого інтервалу присутні зміни більше 6 дБ для усіх частотних діапазонів, окрім 2 кГц.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 20,88 дБ, після редагування вона стала рівною 11,1 дБ, тобто внесена різниця склала 9,77 дБ.

3.4.4.9. Вплив застосування критерію на результат експерименту №33

«Терапевтична дія 14 днів під час інтра\перитон».

У експерименті №33 заміна була виконана по усіх частотних діапазонах. На діапазоні 2 кГц було виконано 7 замін, на 4 кГц - 15 замін, на 6 кГц - 15 замін, на 8 кГц - 10 замін, на 10 кГц - 7 замін, а на 12 кГц – 12 замін. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію приведено на рис. 3.42.



Рис. 3.42. Порівняння середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №33

Порівнюючи результати середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 2,48 дБ, для 4 кГц підвищена на 9,05 дБ, для 6 кГц підвищена на 10,45 дБ, для 8 кГц підвищена на 6,38 дБ, для 10 кГц підвищена на 3,46 дБ, для 12 кГц підвищена на 4,28 дБ. Таким чином, найбільше збільшення середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найменше - для 2 кГц, а для 10 кГц та 12 кГц збільшення приблизно рівні. Знакозмінність наявна для 10 кГц. Порівняння отриманих змін у абсолютних середніх значеннях приведено на рис. 3.43.

Абсолютна зміна середнього значення, дБ

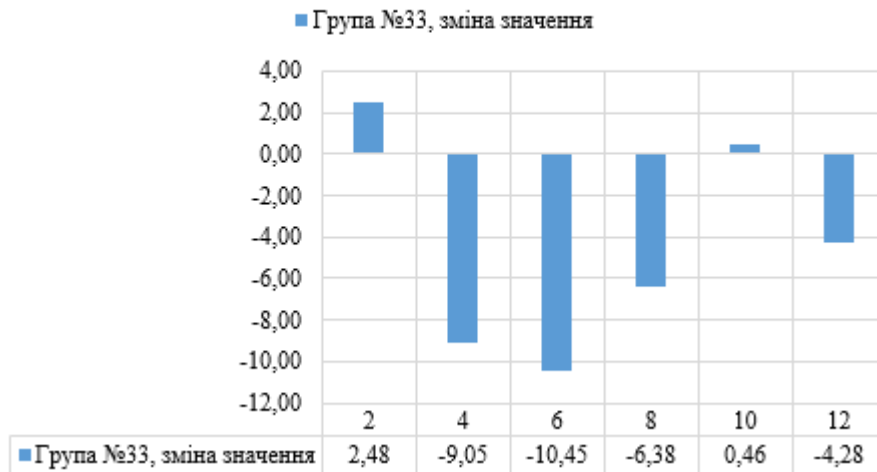


Рис. 3.43 Порівняння абсолютних середніх значень до та після застосування критерію для експерименту №33

Порівнюючи результати абсолютних середніх значень для частотних діапазонів до та після застосування критерію, ми можемо побачити, що абсолютні середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 2,48 дБ, для 4 кГц знижена на 9,05 дБ, для 6 кГц знижена на 10,45 дБ, для 8 кГц знижена на 6,38 дБ, для 10 кГц підвищена на 0,46 дБ, для 12 кГц знижена на 4,28 дБ. Отже, найбільше зниження абсолютного середнього значення спостерігається для діапазонів 4 кГц і 6 кГц, найбільше підвищення - для 2 кГц. Найменша зміна наявна на 10 кГц, де наявна знакозмінність середнього значення.

Порівняння отриманих змін у довірчому інтервалі приведено на рис. 3.44.

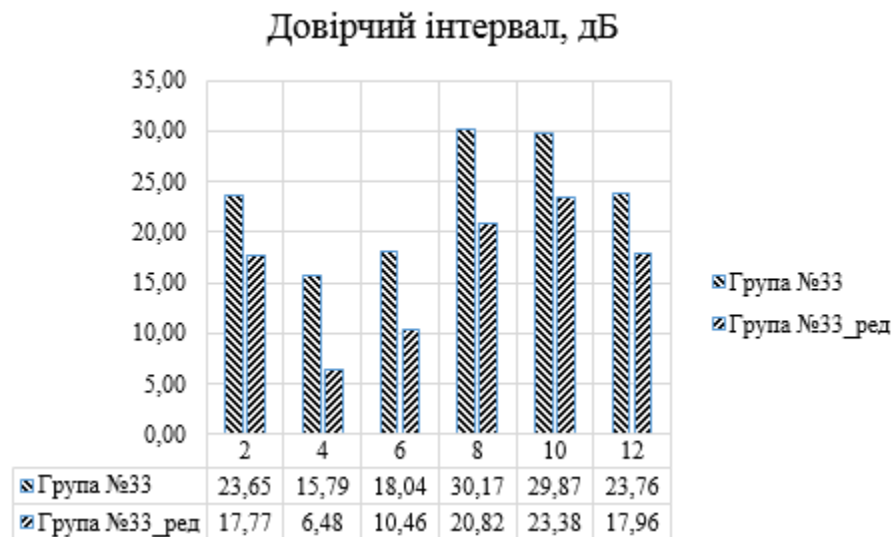


Рис. 3.44 Порівняння довірчих інтервалів до та після застосування критерію для експерименту №33

Довірчий же інтервал, у порівнянні із початковим значенням, для 2 кГц вужчий на 5,88 дБ, для 4 кГц вужчий на 9,31 дБ, для 6 кГц вужчий на 7,58 дБ, для 8 кГц вужчий на 9,35 дБ, для 10 кГц вужчий на 6,49 дБ, для 12 кГц вужчий на 5,8 дБ. Найбільше зниження спостерігається на 4 кГц, найнижче - на 8-12 кГц, де воно не сильно вирізняється для конкретних частот.

Отримані результати узагальнені в табл. 3.11.

Табл. 3.11 Узагальнення отриманих результатів для експерименту №33

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| Зміна абсолютного середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 2,48 | -9,05 | - 10,45 | -6,38 | 0,46 | -4,28 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску, дБ | 2,48 | 9,05 | 10,45 | 6,38 | 3,46 | 4,28 |
| Зміна середнього значення рівня звукового тиску для довірчого інтервалу, дБ | -5,88 | -9,31 | -7,58 | -9,35 | -6,49 | -5,80 |

Загалом очевидно, що зміни у середньому значенні найбільші для 4-6 кГц, - найменші – для 10 кГц. Зміни більше 3 дБ присутні для усіх діапазонів, окрім

2 дБ. Для довірчого інтервалу відсутні зміни більше 6 дБ для одного частотного діапазону – 2 кГц.

Водночас з цим можна зазначити, що без редагування різниця між максимальним і мінімальним значенням середнього рівня звукового тиску складала 15,81 дБ, після редагування вона стала рівною 8,37 дБ, тобто внесена різниця складала 7,45 дБ.

3.5. Результати аналізу експериментів

Наявні експериментальні результати були розділено на 10 окремих секцій з метою наочності відображення загального масиву даних. Для лаконічного відображення результатів у роботі загалом було представлено лише трьох зазначених секцій. Аналіз було проведено наступним чином – результати експериментів у групі було порівняно із результатом групи, де тварини не зазнавали жодного впливу – тобто дослідом №1 та між собою. Загалом буде представлено 9 груп дослідів, що містять саме ті досліді, що зазнали найбільших змін. Склад усіх груп приведеного у таблиці 1 додатку Б.

3.5.1. Результати застосування критерію у секції № 1

Секція №1 «Гентаміцин» представлена трьома групами дослідів. Після імплементації критерію значення у ній мають вигляд, показаний у п.п.3.5.1.1.-3.5.1.3.

3.5.1.1. Отримані результати для групи №1.

Група складається із дослідів №1, 2 та 3 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис. 3.45. Для дослідів №2 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 3,94 дБ, для 4 кГц підвищена на 0,01 дБ, для 6 кГц знижена на 5,25 дБ, для 8 кГц знижена на 0,94 дБ, для 10 кГц знижена на 0,19 дБ, для 12 кГц знижена на 3,06 дБ; довірчий же інтервал, у порівнянні із дослідом №1 для 2 кГц вузкий на 5,19 дБ, для 4 кГц ширший на 5,69 дБ, для 6 кГц ширший на 1,63 дБ, для 8 кГц ширший на 0,03 дБ, для 10 кГц вузкий на 8,31 дБ, для 12 кГц ширший на 3,38 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, окрім смуги в 2 кГц, тоді як довірчий інтервал не має чітко вираженого тренду змін.

Для досліджу №3 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 15,84 дБ, для 4 кГц знижена на 8,33 дБ, для 6 кГц знижена на 15,81 дБ, для 8 кГц знижена на 20,69 дБ, для 10 кГц знижена на 18,67 дБ, для 12 кГц знижена на 28,26 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 0,94 дБ, для 4 кГц вужчий на 7,98 дБ, для 6 кГц вужчий на 4,27 дБ, для 8 кГц ширший на 10,87 дБ, для 10 кГц ширший на 5,73 дБ, для 12 кГц ширший на 15,13 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння значно ширший.

Порівнюючи вплив досліджу №2 та досліджу №3 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо досліджу №2: для досліджу №3 для 2 кГц чутливість знижена на 11,9 дБ, для 4 кГц знижена на 8,47 дБ, для 6 кГц знижена на 10,57 дБ, для 8 кГц знижена на 19,75 дБ, для 10 кГц знижена на 18,48 дБ, для 12 кГц знижена на 25,2 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 6,13 дБ, для 4 кГц вужчий на 13,8 дБ, для 6 кГц вужчий на 5,91 дБ, для 8 кГц ширший на 10,85 дБ, для 10 кГц ширший на 14,03 дБ, для 12 кГц ширший на 11,75 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал не має чітко вираженого тренду змін. Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів досліджу №1 та досліджу №2 показує наявність статистично значимої різниці для частотних діапазонів 2 кГц та 6 кГц; при порівнянні результатів досліджу №1 та досліджу №3 показує наявність статистично значимої різниці для усіх частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліджу №2 та досліджу №3 показує наявність статистично значимої різниці для усіх частотних діапазонів. Повністю аналіз приведено у таблиці 4 додатку Б, і у ньому немає змін відносно попереднього алгоритму застосування критерію.

Також варто зазначити, що досліді №2 та №3 пов'язані між собою.

I; DP, 95% довір.інтервал

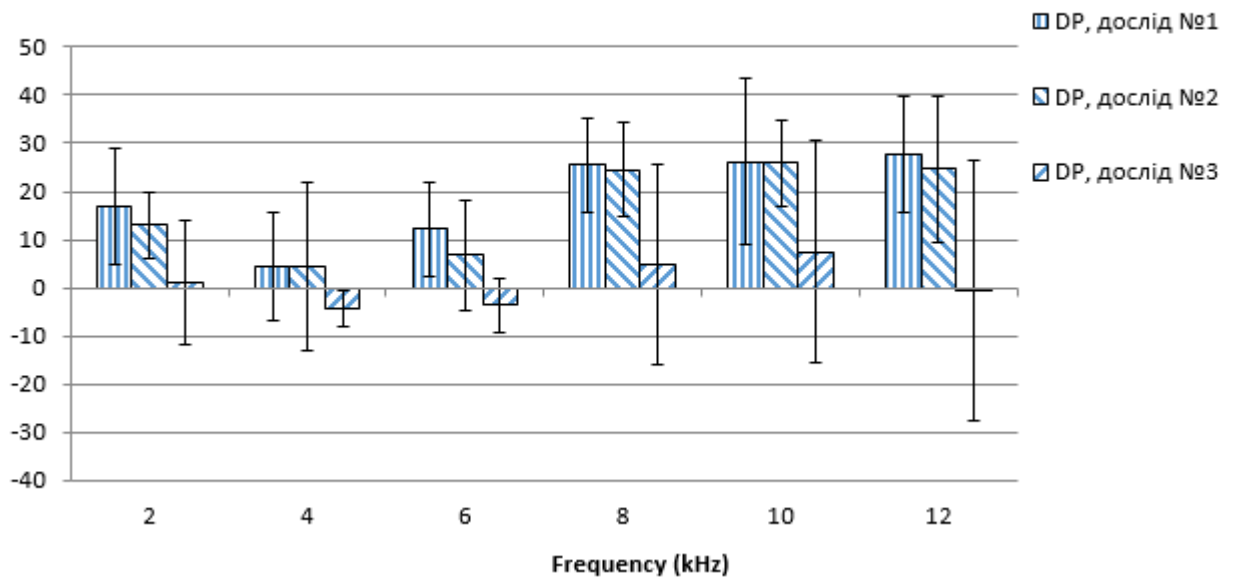


Рис. 3.45 Графічне представлення експериментів групи №1

3.5.1.2. Отримані результати для групи №2.

До складу групи входять досліди №1, 4, 5 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис. 3.46 графічне представлення експериментів групи №2. Для досліду №4 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 4,63 дБ, для 4 кГц підвищена на 0,94 дБ, для 6 кГц знижена на 4,13 дБ, для 8 кГц підвищена на 0,63 дБ, для 10 кГц підвищена на 0,56 дБ, для 12 кГц знижена на 2,88 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 5,83 дБ, для 4 кГц ширший на 7,39 дБ, для 6 кГц ширший на 2,47 дБ, для 8 кГц ширший на 3,17 дБ, для 10 кГц вузький на 7,26 дБ, для 12 кГц ширший на 1,23 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене на половині інтервалу частот, хоча і є наявні перевищення нормальної чутливості, однак вони не перевищують 1 дБ, тоді як довірчий інтервал є ширшим для усіх частот за виключенням 10 кГц.

Для досліду №5 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 19,46 дБ, для 4 кГц знижена на 8,9 дБ, для 6 кГц знижена на 16,71 дБ, для 8 кГц знижена на 30,94 дБ, для 10 кГц знижена на 31,85 дБ, для 12 кГц знижена на 34,57 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вузький на 6,33 дБ, для 4 кГц вузький на 8,31 дБ, для 6 кГц вузький на 7,33 дБ, для 8 кГц вузький на 5,33 дБ, для 10 кГц вузький на 12,08 дБ, для 12 кГц вузький на 11,9 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для усіх досліджуваних частот значно вузький.

Порівнюючи вплив досліду №4 та досліду №5 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо досліду №4: для 2 кГц

чутливість знижена на 14,84 дБ, для 4 кГц знижена на 9,84 дБ, для 6 кГц знижена на 12,61 дБ, для 8 кГц знижена на 31,56 дБ, для 10 кГц знижена на 32,41 дБ, для 12 кГц знижена на 31,691 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 12,16 дБ, для 4 кГц вужчий на 15,7 дБ, для 6 кГц вужчий на 9,8 дБ, для 8 кГц вужчий на 8,5 дБ, для 10 кГц вужчий на 4,82 дБ, для 12 кГц вужчий на 13,13 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для усіх досліджуваних частот значно вужчий.

Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів досліду №1 та досліду №4 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №1 та досліду №5 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №2 та досліду №3 показує наявність статистично значимої різниці для усіх частотних діапазонів. Повністю аналіз приведено у таблиці 5 додатку Б, і у ньому немає змін відносно попереднього алгоритму застосування критерію.

Також варто зазначити, що досліді №4 та №5 пов'язані між собою.

II; DP, 95% довір.інтервал

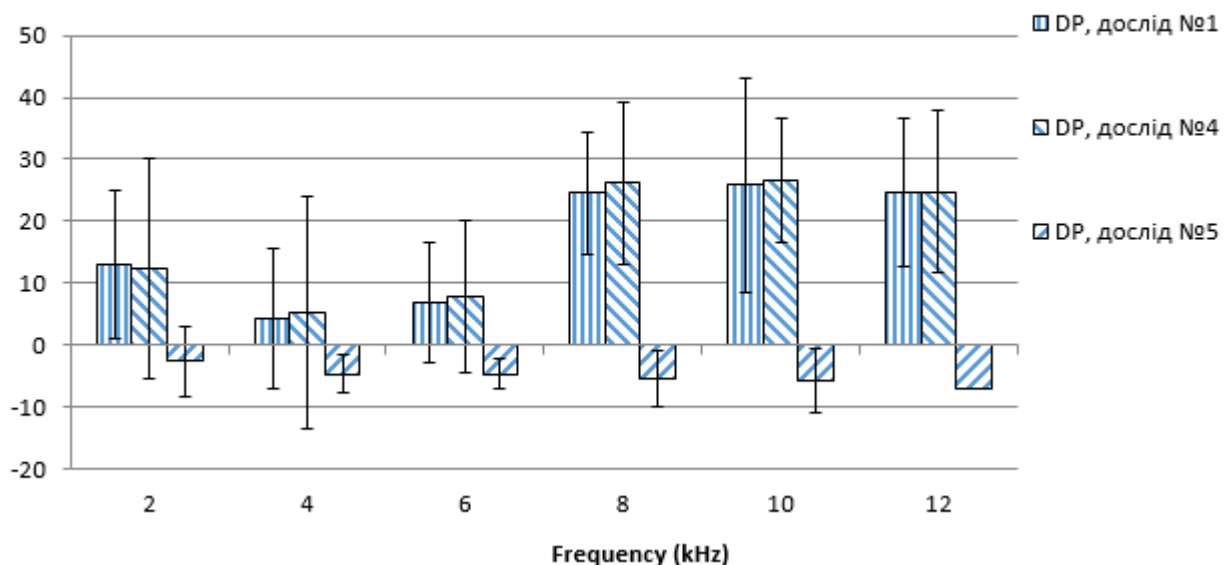


Рис. 3.46 Графічне представлення експериментів групи №2

3.5.1.3. Отримані результати для групи №3.

До складу групи входять досліді №1, 3, 5 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис.2 Додатку Б. Порівнюючи вплив досліду №3 та досліду №5 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо досліду №5: для 2 кГц чутливість знижена на 3,63 дБ, для 4 кГц знижена на 0,43 дБ, для 6 кГц знижена на 0,93 дБ, для 8 кГц знижена на 10,25 дБ, для 10 кГц знижена на 13,18 дБ, для 12 кГц знижена на 6,31 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 7,27 дБ, для 4 кГц вужчий на 0,8 дБ, для 6 кГц вужчий на 3,06 дБ, для 8 кГц вужчий на 16,2 дБ, для 10 кГц вужчий на 17,81 дБ, для 12 кГц вужчий на 27,04 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості для досліду №5 знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал є значно вужчим, особливо на високих частотах.

Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів досліду №1 та досліду №3 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №1 та досліду №5 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №3 та досліду №5 показує наявність статистично значимої різниці для частотних діапазонів 8 та 10 кГц. Повністю аналіз приведено у таблиці 6 додатку Б, і у ньому присутні зміни відносно попереднього алгоритму застосування критерію – для порівняння впливу гентаміцину на різних періодах часу для 6 та 12 кГц.

III; DP, 95% довір.інтервал

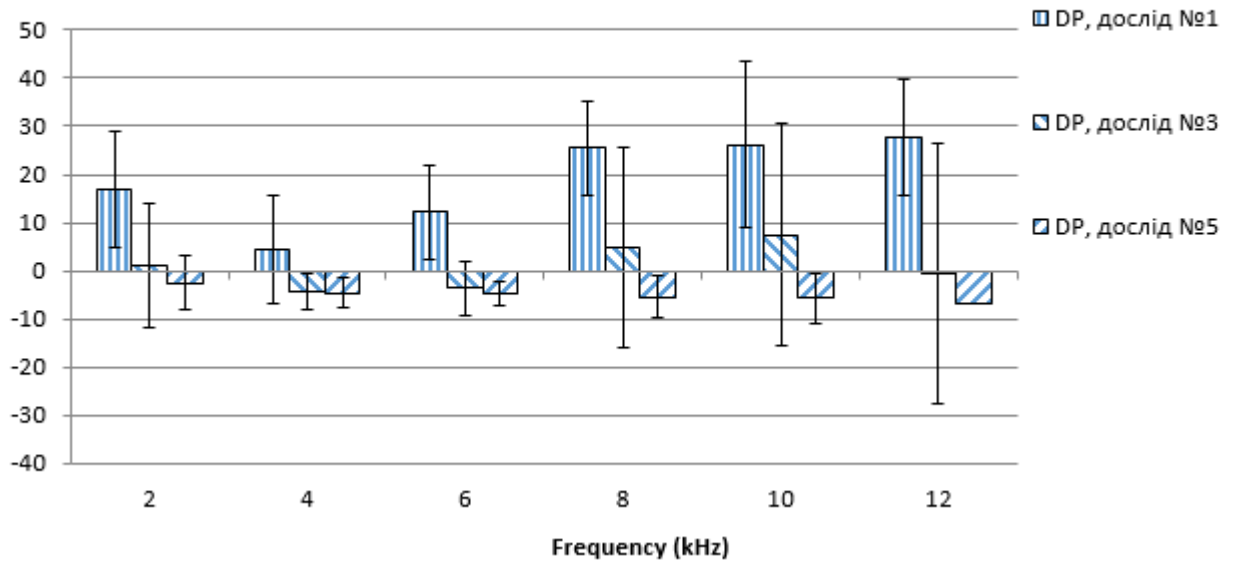


Рис. 3.47 Графічне представлення експериментів групи №3

3.5.2. Результати застосування критерію у секції № 6

Секція №6 «Терапевтична дія 7 днів» представлена трьома групами дослідів. Після імплементації критерію значення у ній мають вигляд, показаний у п.п.3.5.2.1.-3.5.2.3.

3.5.2.1. Отримані результати для групи №19.

До складу групи входять досліді №1, 24, 25, 26 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис. 3.48. Для досліді №24 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 3,44 дБ, для 4 кГц підвищена на 0,2 дБ, для 6 кГц знижена на 5,3 дБ, для 8 кГц знижена на 3,56 дБ, для 10 кГц підвищена на 0,13 дБ, для 12 кГц знижена на 4,44 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 2,46 дБ, для 4 кГц ширший на 4,42 дБ, для 6 кГц ширший на 4,8 дБ, для 8 кГц ширший на 3,57 дБ, для 10 кГц вужчий на 4,17 дБ, для 12 кГц ширший на 4,38 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, окрім 2 та 10 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння є вужчим за нормальний для 2 та 10 кГц, і ширшим для 4-8 та 12 кГц.

Для досліді №25 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 16,86 дБ, для 4 кГц знижена на 8,52 дБ, для 6 кГц знижена на 16,41 дБ, для 8 кГц знижена на 27,81 дБ, для 10 кГц знижена на 26,67 дБ, для 12 кГц знижена на 26,43 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 0,51 дБ, для 4 кГц вужчий на 5,78 дБ, для 6 кГц вужчий на 5,34 дБ, для 8 кГц ширший на 8,46 дБ, для 10 кГц ширший на 1,2 дБ, для 12 кГц ширший на 10,46 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді

як довірчий інтервал для приведеного порівняння значно ширший на високих частотах та вузький на низьких.

Для дослідів №26 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 0,25 дБ, для 4 кГц підвищена на 1,12 дБ, для 6 кГц знижена на 1,94 дБ, для 8 кГц підвищена на 0,56 дБ, для 10 кГц підвищена на 2,94 дБ, для 12 кГц знижена на 0,88 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 0,17 дБ, для 4 кГц ширший на 0,5 дБ, для 6 кГц ширший на 4,71 дБ, для 8 кГц вузький на 0,6 дБ, для 10 кГц вузький на 5,34 дБ, для 12 кГц ширший на 13,39 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості підвищене для усіх досліджуваних частот, за виключенням 6 та 12 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння значно ширший за нормальний.

Порівнюючи вплив дослідів №25 та дослідів №26 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо дослідів №25: для 2 кГц чутливість підвищена на 17,11 дБ, для 4 кГц підвищена на 9,64 дБ, для 6 кГц підвищена на 14,49 дБ, для 8 кГц підвищена на 28,38 дБ, для 10 кГц підвищена на 29,61 дБ, для 12 кГц підвищена на 25,56 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 0,68 дБ, для 4 кГц ширший на 5,83 дБ, для 6 кГц ширший на 10,05 дБ, для 8 кГц вузький на 9,06 дБ, для 10 кГц вузький на 6,54 дБ, для 12 кГц ширший на 2,93 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості для дослідів №26 значно підвищена, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння загалом вузький.

Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №24 показує наявність статистично значимої різниці для частотного діапазону 6 кГц; при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №25 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих

частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №1 та досліду №26 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №24 та досліду №25 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №24 та досліду №26 відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №25 та досліду №26 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів. Повністю аналіз приведено у таблиці 7 додатку Б, і у ньому присутні зміни відносно попереднього алгоритму застосування критерію – для 6 кГц для порівняння досліду №1 і досліду №25.

XIX; DP, 95% довір.інтервал

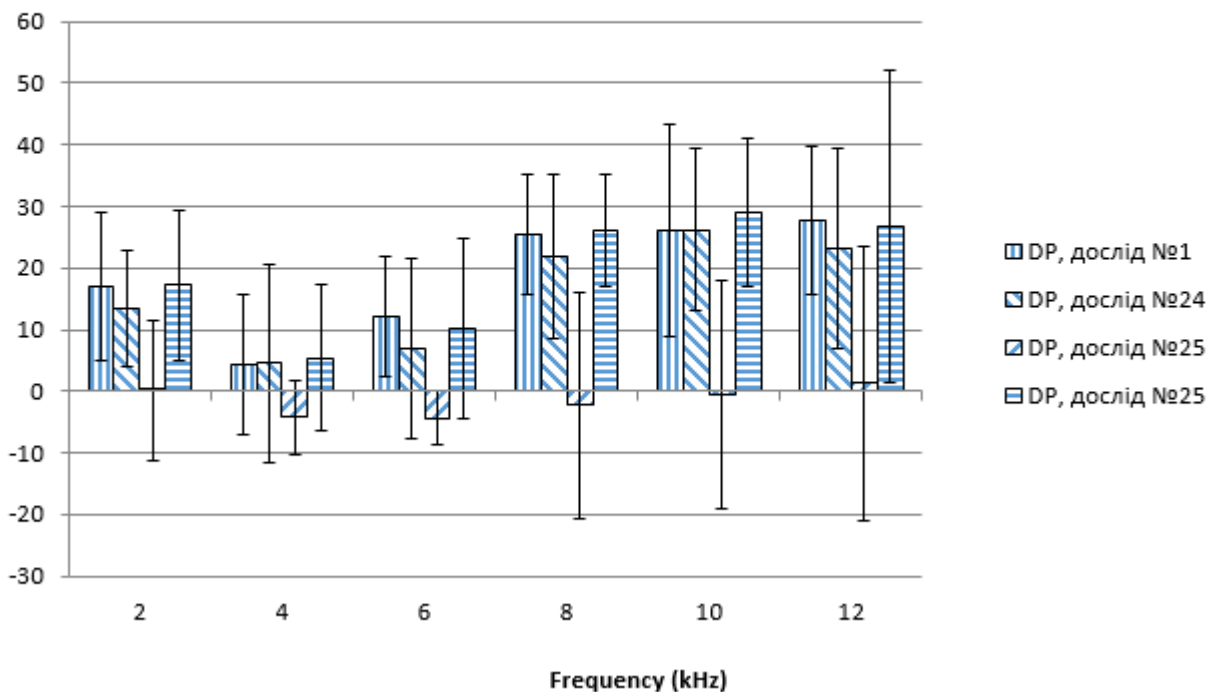


Рис. 3.48. Графічне представлення результатів для групи №19

3.5.2.2. Отримані результати для групи №20.

До складу групи входять досліди №1, 27, 28, 29 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис. 3.49. Для досліду №27 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 4,38 дБ, для 4 кГц знижена на 1,12 дБ, для 6 кГц знижена на 5,18 дБ, для 8 кГц знижена на 2,88 дБ, для 10 кГц підвищена на 1,31 дБ, для 12 кГц знижена на 3,44 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 0,35 дБ, для 4 кГц ширший на 2,72 дБ, для 6 кГц ширший на 2,89 дБ, для 8 кГц ширший на 3,09 дБ, для 10 кГц вужчий на 5,58 дБ, для 12 кГц ширший на 3,58 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, окрім 10 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння ширший для 4-8 та 12 кГц, і вужчий для 2 та 10 кГц.

Для досліду №28 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 15,02 дБ, для 4 кГц знижена на 7,65 дБ, для 6 кГц знижена на 16,06 дБ, для 8 кГц знижена на 26,81 дБ, для 10 кГц знижена на 22,76 дБ, для 12 кГц знижена на 27,12 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 2,61 дБ, для 4 кГц вужчий на 2,91 дБ, для 6 кГц вужчий на 2,35 дБ, для 8 кГц ширший на 8,1 дБ, для 10 кГц ширший на 5,41 дБ, для 12 кГц ширший на 9,07 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння значно ширший за нормальний.

Для досліду №29 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 0,31 дБ, для 4 кГц підвищена на 1,18 дБ, для 6 кГц знижена на 0,31 дБ, для 8 кГц

підвищена на 1,56 дБ, для 10 кГц підвищена на 4,88 дБ, для 12 кГц підвищена на 3 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 1,48 дБ, для 4 кГц вузький на 1,67 дБ, для 6 кГц ширший на 1,33 дБ, для 8 кГц вузький на 2,88 дБ, для 10 кГц вузький на 11,51 дБ, для 12 кГц вузький на 8,5 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, за виключенням 4 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння значно вузький за нормальний.

Порівнюючи вплив дослідів №28 та дослідів №29 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо дослідів №28: для дослідів №29 для 2 кГц чутливість підвищена на 15,34 дБ, для 4 кГц підвищена на 8,83 дБ, для 6 кГц підвищена на 15,74 дБ, для 8 кГц підвищена на 28,38 дБ, для 10 кГц підвищена на 28,38 дБ, для 12 кГц підвищена на 27,64 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вузький на 1,14 дБ, для 4 кГц ширший на 1,25 дБ, для 6 кГц ширший на 3,69 дБ, для 8 кГц вузький на 10,98 дБ, для 10 кГц вузький на 16,73 дБ, для 12 кГц вузький на 17,57 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості для дослідів №29 значно підвищена для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння вузький лише на 3 діапазонах.

Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №27 показує наявність статистично значимої різниці для частотного діапазону 6 кГц; при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №28 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №29 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №27 та дослідів №28 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №27 та дослідів №29 показує наявність статистично значимої різниці для частотних діапазонів 6 та 12 кГц; при

порівнянні результатів досліду №28 та досліду №29 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів. Повністю аналіз приведено у таблиці 8 додатку Б, і у ньому присутні зміни відносно попереднього алгоритму застосування критерію – частотних діапазонів, де присутня СЗР було виявлено на 6 менше.

XX; DP, 95% довір.інтервал

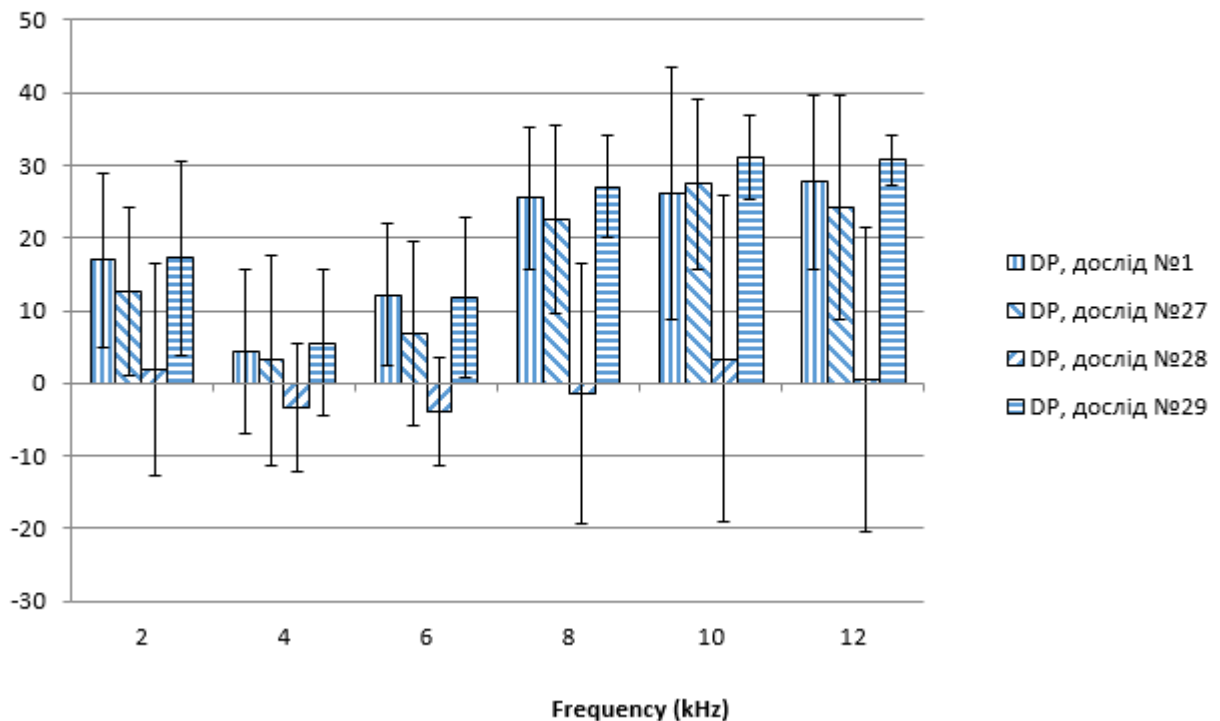


Рис. 3.49. Графічне представлення результатів для групи №20

3.5.2.3. Отримані результати для групи №21.

До складу групи входять досліди №1, 30, 31, 32 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис. 3.50. Для досліду №30 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 2,38 дБ, для 4 кГц підвищена на 2,25 дБ, для 6 кГц знижена на 4,75 дБ, для 8 кГц знижена на 4,25 дБ, для 10 кГц знижена на 0,13 дБ, для 12 кГц знижена на 4,69 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 3,79 дБ, для 4 кГц ширший на 2,61 дБ, для 6 кГц ширший на 3,85 дБ, для 8 кГц ширший на 2,49 дБ, для 10 кГц вужчий на 4,89 дБ, для 12 кГц ширший на 4,94 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, окрім 2 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння є вужчим за нормальний для 2 та 10 кГц, і ширшим для 4-8 та 12 кГц.

Для досліду №31 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 17,44 дБ, для 4 кГц знижена на 9,27 дБ, для 6 кГц знижена на 17,05 дБ, для 8 кГц знижена на 29,56 дБ, для 10 кГц знижена на 27,42 дБ, для 12 кГц знижена на 31,16 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 0,58 дБ, для 4 кГц вужчий на 11,76 дБ, для 6 кГц вужчий на 9,79 дБ, для 8 кГц ширший на 1,02 дБ, для 10 кГц вужчий на 0,89 дБ, для 12 кГц ширший на 2,41 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння значно вужчий за нормальний.

Для досліду №32 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість підвищена на 2,19 дБ, для 4 кГц підвищена на 1,18 дБ, для 6 кГц знижена на 1,81 дБ, для 8 кГц

знижена на 1,06 дБ, для 10 кГц підвищена на 3,69 дБ, для 12 кГц підвищена на 2,13 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вузкий на 2,02 дБ, для 4 кГц вузкий на 0,8 дБ, для 6 кГц ширший на 4,3 дБ, для 8 кГц ширший на 7,58 дБ, для 10 кГц вузкий на 11,06 дБ, для 12 кГц вузкий на 8,87 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості не має чітко вираженого тренду змін, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння вузкий за нормальний.

Порівнюючи вплив дослідів №31 та дослідів №32 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо дослідів №31: для дослідів №32 для 2 кГц чутливість підвищена на 19,63 дБ, для 4 кГц підвищена на 10,45 дБ, для 6 кГц підвищена на 15,24 дБ, для 8 кГц підвищена на 28,5 дБ, для 10 кГц підвищена на 31,11 дБ, для 12 кГц підвищена на 33,29 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вузкий на 1,44 дБ, для 4 кГц вузкий на 10,95 дБ, для 6 кГц ширший на 14,09 дБ, для 8 кГц ширший на 6,56 дБ, для 10 кГц вузкий на 10,17 дБ, для 12 кГц вузкий на 11,28 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості для дослідів №32 значно підвищене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал не має чітко вираженого тренду змін.

Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №30 показує наявність статистично значимої різниці для частотних діапазонів 4 та 6 кГц; при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №31 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №32 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №30 та дослідів №31 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №30 та дослідів №32 показує наявність статистично значимої різниці для частотного діапазону 12 кГц; при порівнянні результатів дослідів №31 та дослідів №32

показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів. Повністю аналіз приведено у таблиці 9 додатку Б, і у ньому присутні зміни відносно попереднього алгоритму застосування критерію – частотних діапазонів, де присутня СЗР було виявлено на 2 менше.

У порівнянні із попереднім алгоритмом, статистичні зміни наявні для 8 кГц для порівняння дослід №31 і дослід №32 та для 2 та 10 кГц для порівняння дослід №30 і дослід №32.

XXI; DP, 95% довір.інтервал

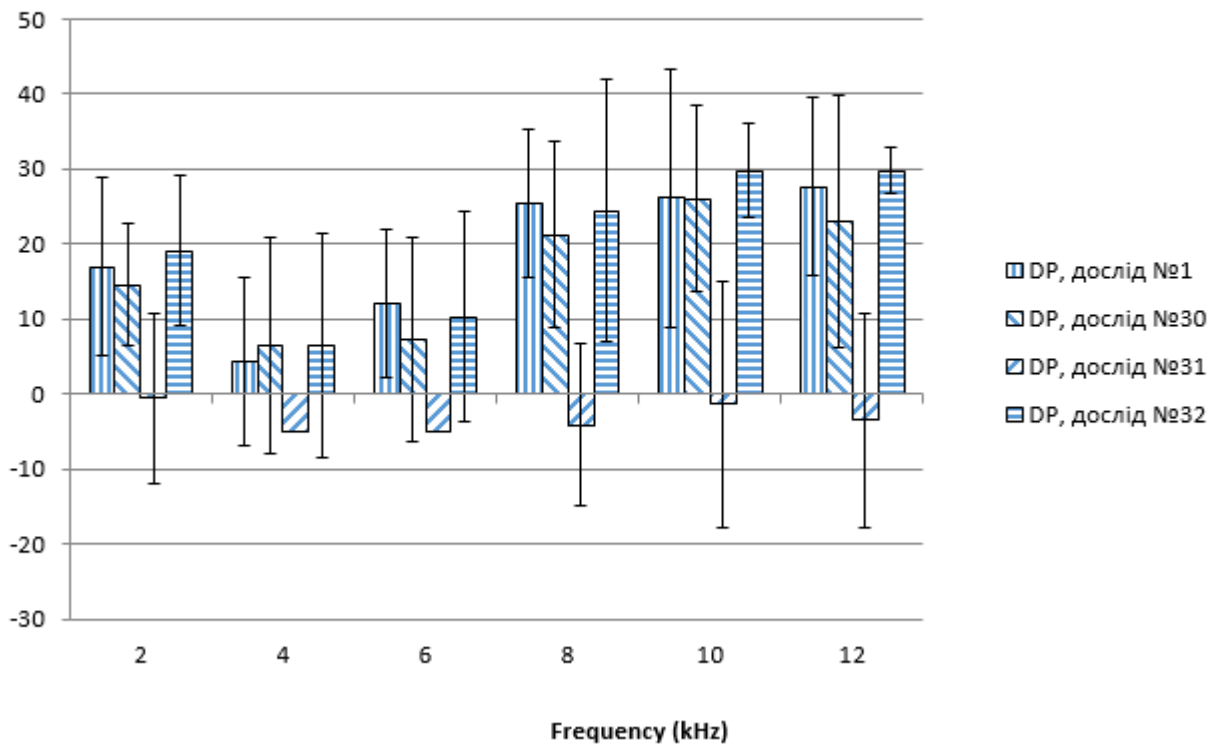


Рис. 3.50. Графічне представлення результатів для групи №21

3.5.3. Результати застосування критерію у секції № 7

Секція №7 «Терапевтична дія 14 днів» представлена трьома групами дослідів. Після імплементації критерію значення у ній мають вигляд, показаний у п.п.3.5.3.1.-3.5.3.3.

3.5.3.1. Отримані результати для групи №22.

До складу групи входять досліді №1, 33, 34, 35 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис. 3.51. Для досліді №33 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 2,31 дБ, для 4 кГц підвищена на 2,19 дБ, для 6 кГц знижена на 3,19 дБ, для 8 кГц знижена на 2,13 дБ, для 10 кГц знижена на 0,13 дБ, для 12 кГц знижена на 2,94 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 1,64 дБ, для 4 кГц ширший на 3,67 дБ, для 6 кГц ширший на 2,44 дБ, для 8 кГц ширший на 1,97 дБ, для 10 кГц вузький на 3,86 дБ, для 12 кГц вузький на 0,19 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, окрім 2 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння є вузьким за нормальний для 10 та 12 кГц, та ширшим для 2-8 кГц.

Для досліді №34 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 13,23 дБ, для 4 кГц знижена на 7,09 дБ, для 6 кГц знижена на 14,93 дБ, для 8 кГц знижена на 28,19 дБ, для 10 кГц знижена на 26,36 дБ, для 12 кГц знижена на 28,98 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 7,9 дБ, для 4 кГц ширший на 0,28 дБ, для 6 кГц ширший на 2,57 дБ, для 8 кГц ширший на 5,52 дБ, для 10 кГц ширший на 4,63 дБ, для 12 кГц ширший на 8,37 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння ширший.

Для досліджу №35 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 3,44 дБ, для 4 кГц підвищена на 5,87 дБ, для 6 кГц знижена на 0,36 дБ, для 8 кГц знижена на 3,06 дБ, для 10 кГц підвищена на 0,19 дБ, для 12 кГц підвищена на 0,81 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 0,3 дБ, для 4 кГц ширший на 5,61 дБ, для 6 кГц ширший на 7,43 дБ, для 8 кГц ширший на 11,13 дБ, для 10 кГц ширший на 2,06 дБ, для 12 кГц вужчий на 2,84 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, за виключенням 4 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння ширший за нормальний.

Порівнюючи вплив досліджу №34 та досліджу №35 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо досліджу №34: для досліджу №35 для 2 кГц чутливість підвищена на 9,8 дБ, для 4 кГц підвищена на 12,96 дБ, для 6 кГц підвищена на 14,57 дБ, для 8 кГц підвищена на 25,13 дБ, для 10 кГц підвищена на 26,17 дБ, для 12 кГц підвищена на 29,79 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 7,6 дБ, для 4 кГц ширший на 5,33 дБ, для 6 кГц ширший на 4,87 дБ, для 8 кГц ширший на 5,6 дБ, для 10 кГц вужчий на 2,56 дБ, для 12 кГц вужчий на 11,21 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості досліджу №35 значно підвищене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння загалом вужчий.

Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів досліджу №1 та досліджу №33 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліджу №1 та досліджу №34 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліджу №1 та досліджу №35 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх

розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №33 та досліду №34 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №33 та досліду №35 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №34 та досліду №35 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів. Повністю аналіз приведено у таблиці 10 додатку Б, і у ньому відсутні зміни відносно попереднього алгоритму застосування критерію.

XXII; DP, 95% довір.інтервал

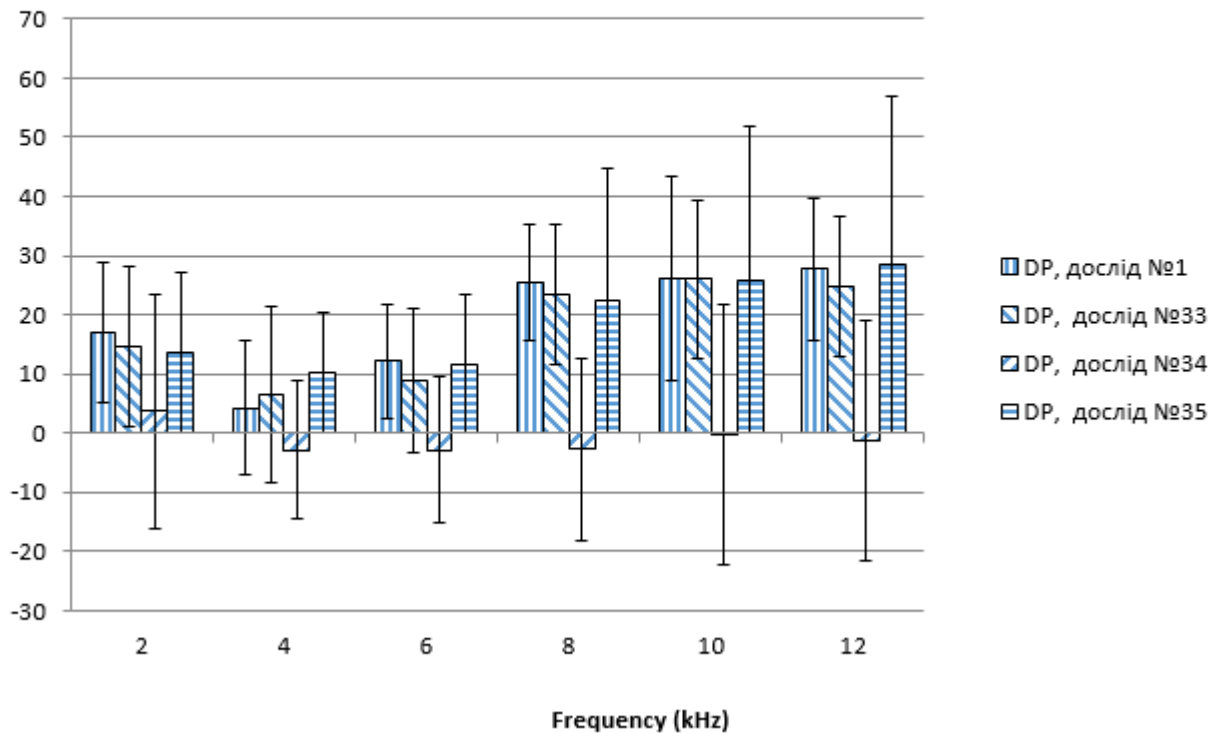


Рис. 3.51. Графічне представлення результатів для групи №22

3.5.3.2. Отримані результати для групи №23.

До складу групи входять досліди №1, 36, 37, 38 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис. 3.52. Для дослідів №36 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 1,63 дБ, для 4 кГц підвищена на 1,26 дБ, для 6 кГц знижена на 4,75 дБ, для 8 кГц знижена на 1,38 дБ, для 10 кГц підвищена на 2,94 дБ, для 12 кГц знижена на 0,94 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 1,5 дБ, для 4 кГц ширший на 8,17 дБ, для 6 кГц ширший на 6,14 дБ, для 8 кГц ширший на 3,66 дБ, для 10 кГц вужчий на 5,68 дБ, для 12 кГц вужчий на 2,07 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, окрім 2 та 10 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння є ширшим за нормальний для 4-8 кГц, і вужчим для 2 та 10-12 кГц.

Для дослідів №37 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 10,36 дБ, для 4 кГц знижена на 8,84 дБ, для 6 кГц знижена на 16,18 дБ, для 8 кГц знижена на 28,75 дБ, для 10 кГц знижена на 24,16 дБ, для 12 кГц знижена на 27,30 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 6,44 дБ, для 4 кГц вужчий на 9,13 дБ, для 6 кГц вужчий на 4,58 дБ, для 8 кГц ширший на 1,21 дБ, для 10 кГц ширший на 2,95 дБ, для 12 кГц ширший на 8,85 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал не має чітко вираженого тренду змін.

Для дослідів №38 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 4,31 дБ, для 4 кГц підвищена на 6,31 дБ, для 6 кГц знижена на 3,23 дБ, для 8 кГц

знижена на 5,69 дБ, для 10 кГц знижена на 1,5 дБ, для 12 кГц підвищена на 0,63 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 1,62 дБ, для 4 кГц ширший на 9,15 дБ, для 6 кГц ширший на 8,8 дБ, для 8 кГц ширший на 10,07 дБ, для 10 кГц вузкий на 2,19 дБ, для 12 кГц вузкий на 4,47 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, за виключенням 4 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння є ширшим за нормальний.

Порівнюючи вплив досліду №37 та досліду №38 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо досліду №37: для досліду №38 для 2 кГц чутливість підвищена на 6,04 дБ, для 4 кГц підвищена на 15,15 дБ, для 6 кГц підвищена на 12,95 дБ, для 8 кГц підвищена на 23,06 дБ, для 10 кГц підвищена на 22,66 дБ, для 12 кГц підвищена на 27,93 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вузкий на 4,82 дБ, для 4 кГц ширший на 18,28 дБ, для 6 кГц ширший на 13,39 дБ, для 8 кГц ширший на 8,86 дБ, для 10 кГц вузкий на 5,14 дБ, для 12 кГц вузкий на 13,32 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості для досліду №38 значно підвищена для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння загалом ширший, окрім 4, 10 та 12 кГц.

Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів досліду №1 та досліду №36 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №1 та досліду №37 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №1 та досліду №38 показує наявність статистично значимої різниці для частотного діапазону 4 кГц; при порівнянні результатів досліду №36 та досліду №37 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №36 та досліду №38 показує

відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів досліду №36 та досліду №37 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів. Повністю аналіз приведено у таблиці 11 додатку Б, і у ньому зміни наявні для діапазону 6 кГц для порівняння досліду №1 та досліду №36 та для діапазону 8 кГц для порівняння досліду №1 та досліду №38.

XXIII; DP, 95% довір.інтервал

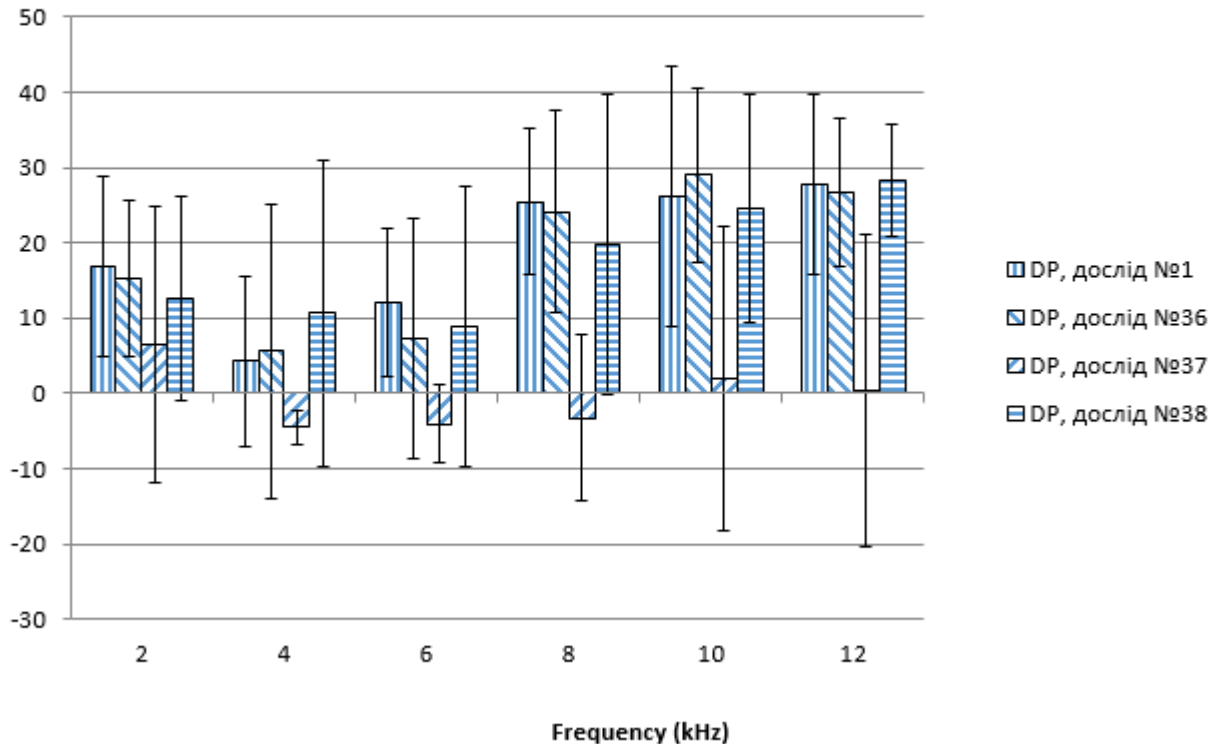


Рис. 3.52. Графічне представлення результатів для групи №23

3.5.3.3. Отримані результати для групи №24.

До складу групи входять досліди №1, 39, 40, 41 відповідно до таблиці 3 додатку Б. Графічне представлення отриманих експериментальних результатів приведено на рис. 3.53. Для досліду №39 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 2,25 дБ, для 4 кГц підвищена на 0,32 дБ, для 6 кГц знижена на 5,43 дБ, для 8 кГц знижена на 2,13 дБ, для 10 кГц підвищена на 3,44 дБ, для 12 кГц знижена на 1,44 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вужчий на 1 дБ, для 4 кГц ширший на 6,81 дБ, для 6 кГц ширший на 5,68 дБ, для 8 кГц ширший на 3,6 дБ, для 10 кГц вужчий на 6,31 дБ, для 12 кГц ширший на 2,51 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, окрім 2 та 10 кГц, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння є вужчим за нормальний для 2 та 10 кГц, і ширшим для 4-8 та 12 кГц.

Для досліду №40 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 12,71 дБ, для 4 кГц знижена на 8,46 дБ, для 6 кГц знижена на 15,74 дБ, для 8 кГц знижена на 25,63 дБ, для 10 кГц знижена на 24,16 дБ, для 12 кГц знижена на 30,16 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц ширший на 5,85 дБ, для 4 кГц вужчий на 4,81 дБ, для 6 кГц ширший на 0,67 дБ, для 8 кГц ширший на 11 дБ, для 10 кГц ширший на 6,12 дБ, для 12 кГц ширший на 6,05 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості знижене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведенного порівняння є ширшим за нормальний.

Для досліду №41 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють із нормальними значеннями наступним шляхом: для 2 кГц чутливість знижена на 3,06 дБ, для 4 кГц підвищена на 7 дБ, для 6 кГц знижена на 3,91 дБ, для 8 кГц

знижена на 5,81 дБ, для 10 кГц знижена на 2,19 дБ, для 12 кГц знижена на 1,81 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вузкий на 3,5 дБ, для 4 кГц ширший на 7,95 дБ, для 6 кГц ширший на 9,88 дБ, для 8 кГц ширший на 9,42 дБ, для 10 кГц вузкий на 2,72 дБ, для 12 кГц ширший на 2,37 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості не має чітко вираженого тренду змін, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння ширший за нормальний.

Порівнюючи вплив дослідів №40 та дослідів №41 встановлені під час аналізу середні значення рівнів чутливості по звуковому тиску для досліджуваних частотних смуг корелюють наступним способом щодо дослідів №40: для дослідів №41 для 2 кГц чутливість підвищена на 9,65 дБ, для 4 кГц підвищена на 15,46 дБ, для 6 кГц підвищена на 11,83 дБ, для 8 кГц підвищена на 19,81 дБ, для 10 кГц підвищена на 21,97 дБ, для 12 кГц підвищена на 28,35 дБ; тоді як довірчий інтервал для 2 кГц вузкий на 9,35 дБ, для 4 кГц ширший на 12,76 дБ, для 6 кГц ширший на 9,22 дБ, для 8 кГц вузкий на 1,57 дБ, для 10 кГц вузкий на 8,84 дБ, для 12 кГц вузкий на 3,69 дБ, тобто загалом середнє значення рівня чутливості для дослідів №41 значно підвищене для усіх досліджуваних частот, тоді як довірчий інтервал для приведеного порівняння загалом вузкий.

Статистичний аналіз отриманих даних при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №39 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №40 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №1 та дослідів №41 показує наявність статистично значимої різниці для частотних діапазонів 4 та 8 кГц; при порівнянні результатів дослідів №39 та дослідів №40 показує наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №39 та дослідів №41 показує відсутність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів; при порівнянні результатів дослідів №40 та дослідів №41 показує

наявність статистично значимої різниці для усіх розглянутих частотних діапазонів. Повністю аналіз приведено у таблиці 12 додатку Б, і у ньому зміни наявні для діапазону 6 кГц для порівняння досліду №1 та досліду №39 та для діапазонів 4 та 8 кГц для порівняння досліду №39 та досліду №41.

XXIV; DP, 95% довір.інтервал

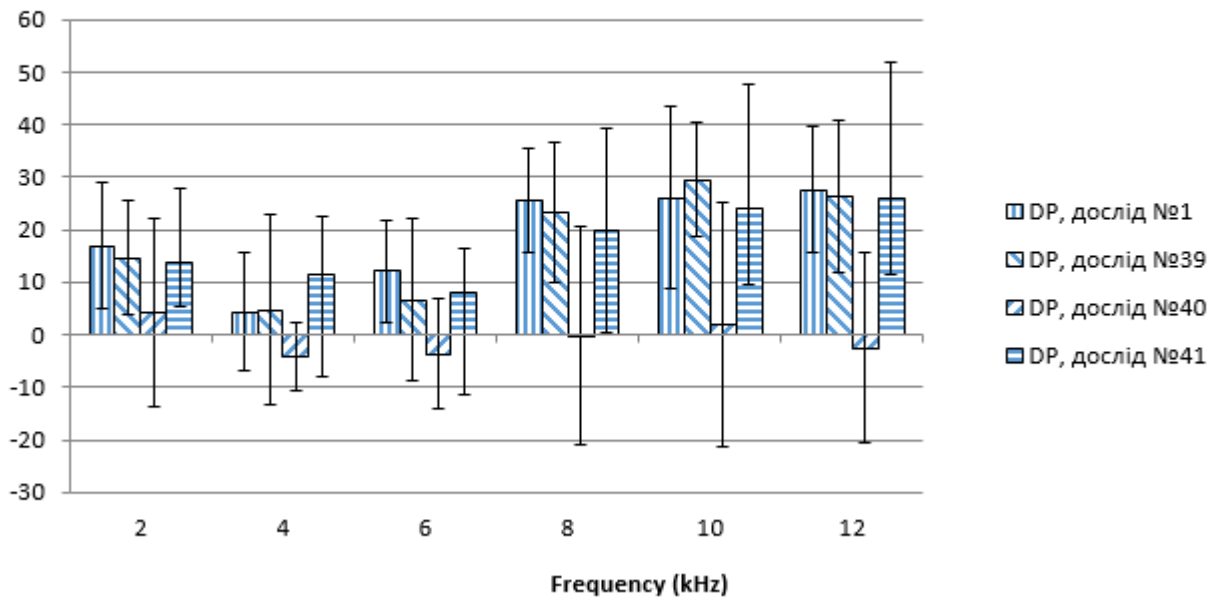


Рис. 3.53. Графічне представлення результатів для групи №24

3.6. Оптимізація візуального відображення отриманого результату

Під час дослідження впливу критерію Соколова на отримані результати дослідження стану слуху біологічних об'єктів було визначено, що проведення нормалізації також викликає зменшення різниці між максимальним та мінімальним середніми значеннями частотних діапазонів для експерименту. Отримані результати для усіх випадків, де зміна була зареєстрована для усіх частотних діапазонів представлені на рис. 3.54.



Рис. 3.54. Зміна відношення максимального та мінімального середнього значення для експериментів, де заміни були зареєстровані на усіх частотних діапазонах

3.7. Висновки

Результати дослідження показують, що впровадження критерію Соколова при оцінці результатів тестування слуху, отриманих шляхом застосування отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення дає значне збільшення середнього значення та зменшення довірчого інтервалу спостережуваних тестових груп. Зазначене падіння значення довірчого інтервалу показує зростання точності отриманих середніх значень діапазонів частот. Також спостерігалась зміна результатів статистичного аналізу, яка дозволила більш точно оцінити результати медикаментозного впливу на біологічний об'єкт.

Окрім того було показано наявність частотної залежності для досліджуваного критерію, що дозволяє точніше оцінити стан слухового каналу для різних біологічних об'єктів, що мають різні криві рівної гучності.

Також варто зазначити виявлену під час імплементації критерію зміну характеру розподілу отриманих у групах результатів, що призводить до необхідності більш детально проводити підготовку до проведення обробки отриманих експериментальних результатів. Цей факт також вимагає встановлення точної інформації щодо методів, які використовуються під час проведення зазначеного статистичного аналізу.

Загалом під час використання критерію було виконано 644 заміни експериментальних значень, найбільша частка яких була виконана для діапазонів 4 та 6 кГц. Найбільша ж кількість замін для одного частотного діапазону одного експерименту становила 1 заміну, однак для 3 діапазонів було замінено всі результати повністю.

Результати використання критерію, розглянуті у межах даної роботи, показують можливість його широкої імплементації у мережі закладів охорони здоров'я, оскільки не вимагають високого рівня кваліфікації для його використання. Таким чином зникає необхідність залучати до обробки результатів

дослідження лікарський склад, оскільки дане навантаження може бути покладене на середній медичний персонал. Це дозволить розширити охоплення скринінгом слуху широких верств населення, зокрема за необхідності більш частого його проведення. Це пояснюється тим, що вказаному персоналові необхідно лише вірно розмістити у таблиці вхідні дані та користуватися приведеними у роботі інструкціями.

Розділ 4

ОЦІНЮВАННЯ НАПРАВЛЕНОГО АКУСТИЧНОГО ВПЛИВУ НА КОГНІТИВНІ ЗДІБНОСТІ ЛЮДИНИ ЗА ДОПОМОГОЮ АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ ІЗ ЗАДАНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

4.1 Мета досліджень підрозділу

Метою даного дослідження є визначення впливу акустичних сигналів складної форми на біоелектричну активність головного мозку.

Для досягнення мети були сформульовані наступні задачі:

1. Провести спектральний аналіз характеристик біоелектричної активності різних ділянок кори головного мозку;
2. Проаналізувати зміни ритмів до, під час та після прослуховування низькочастотного музичного фрагменту;
3. Встановити зв'язок між суб'єктивними оцінками стану учасників дослідження з отриманими показниками активності головного мозку.
4. Встановити можливість використання одного з ритмів мозку як маркеру стресового впливу.
5. Створити спосіб встановлення мінімального допустимого розміру вибірки під час проведення експериментів із застосуванням ЕЕГ.

4.2 Оцінка загального психофізичного стану людини під час направленої акустичного впливу

4.2.1 Методика проведення дослідження

Дослідження проводилися на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України "КПІ ім. Ігоря Сікорського". В них приймали участь 11 осіб, з яких 5 – чоловіки і 6 – жінки у віці 18-22 років. Відібрані респонденти не мали спеціальної музичної освіти, були правшами, під час проведення дослідження не мали скарг на стан здоров'я, не мали в попередньо зареєстрованих черепно-мозкових травм, захворювань органу слуху, і розладів ЦНС. До початку експерименту була отримана інформована згода на участь у експериментах усіх їх учасників [13].

Всього було виконано 24 експерименти – по 12 у двох групах, що складаються виключно з чоловіків і жінок. Розподіл кількості проведених експериментів по респондентам наступний: 4 сеанси – 2 особи (1 чол., 1 жін.); 3 сеанси – 3 особи (2 чол, 1 жін); 2 сеанси – 1 особа (жін); 1 сеанс – 5 осіб (2 чол, 3 жін.).

Перед початком дослідження в групі жінок скарги на самопочуття перед обстеженням були наявні у шести випадках (головний біль, порушення сну, загальна слабкість). У групі чоловіків – у трьох випадках (почуття тривоги, дратівливість, головний біль). Також в чотирьох випадках у чоловіків якість сну оцінювалась, як незадовільна; у жінок – у восьми випадках (труднощі засинання, неглибокий чи недостатньо тривалий сон, відсутність бадьорості після пробудження) [13].

Рівень вираженості тривоги (визначався за допомогою стандартизованої Госпітальної шкали тривоги та депресії (HADS)):

0-7 балів (норма) – 6 випадків (чол); 11 випадків (жін);

8-10 (субклінічний ступінь вираженості) – 5 випадків(чол); 1 випадок (жін);

11 та вище (клінічний ступінь вираженості) – 1 випадок (чол).

Рівень вираженості депресії (визначався за допомогою стандартизованої Госпітальної шкали тривоги та депресії (HADS)):

0-7 балів (норма) – 10 випадків (чол); 12 випадків (жін);

8-10 (субклінічний ступінь вираженості – 2 випадки (чол);

11 та вище (клінічний ступінь вираженості) – 0 (чол).

Електроди було розміщено у 16 стандартних точках (Fr1, Fr2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, P3, P4, O1, O2, T3, T4, T5, T6) – (рис. 4.1), їх розміщення було визначено відповідно до міжнародної системи “10 – 20” [73].

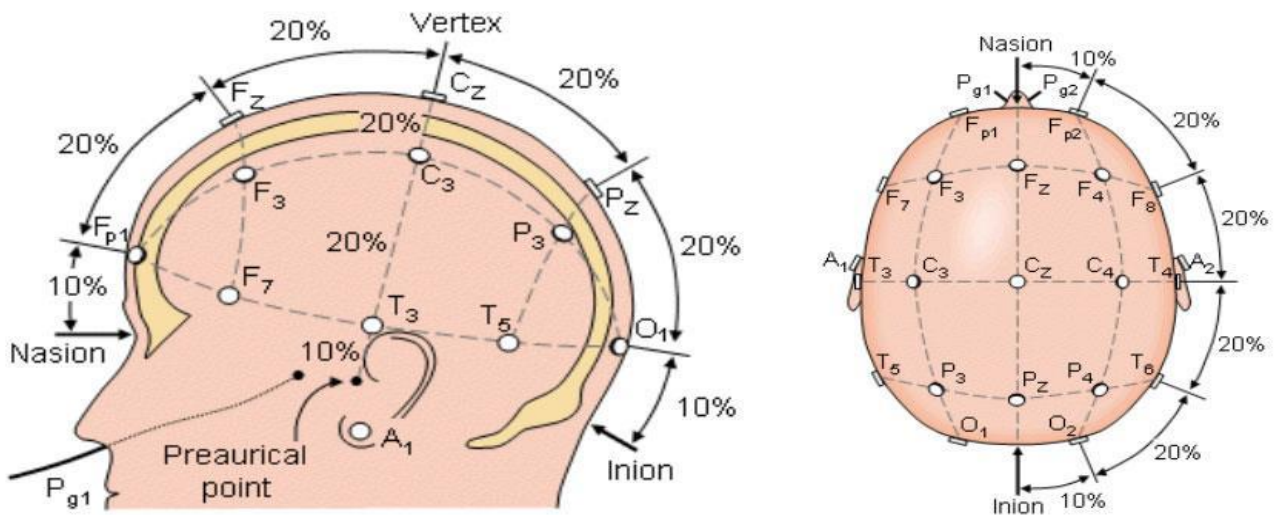


Рис. 4.1. Інтернаціональна система 10-20, схема розміщення електродів

Початкові дані записів реєстрували в смузі пропускання 0,16-100 Гц, і після цього були оцінені шляхом використання швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Для подальшої обробки отриманих результатів були використані частоти у межах від 0,5 до 30 Гц (рис. 4.2).

FFT-analysis

Frequency limits
 Lower: Hz
 Upper: Hz
 Step: Hz

Duration of the epoch:
 ms

Percentage of overlap:

Input data for FFT
 Filtered EEG
 Native EEG

Analysed quantity
 Power
 Amplitude

Data window

Discrete-temporal function:

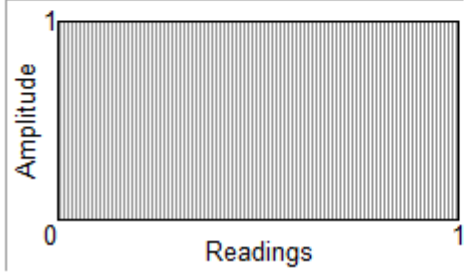


Рис. 4.2 Налаштування програми обробки результатів для проведення швидкого перетворення Фур'є

Для математичної обробки ЕЕГ застосовували методи цифрової фільтрації та спектрального аналізу [74] на тих ділянках ЕЕГ, де артефакти були видалені на етапі первинної обробки отриманих результатів із використанням класичного методу [75]), записаної протягом наступних часових періодів: однієї хвилини до початку експозиції до акустичного сигналу (експозиція до тиші), протягом однієї хвилини під час експозиції до акустичного сигналу, та після закінчення експозиції до акустичного фрагменту протягом однієї хвилини (експозиція до тиші).

Статистичний аналіз отриманих даних проводився з використанням програмного продукту BrainTest електроенцефалографічного комп'ютерного комплексу BRAINTEST-16 та прикладних програм Microsoft Excel 2016 та Statistica.

У якості музичного впливу у підрозділі 4.2.2 було використано масив акустичних сигналів з різними частотами, точна послідовність була наступною – низька, середня, низька, середня, висока, висока.

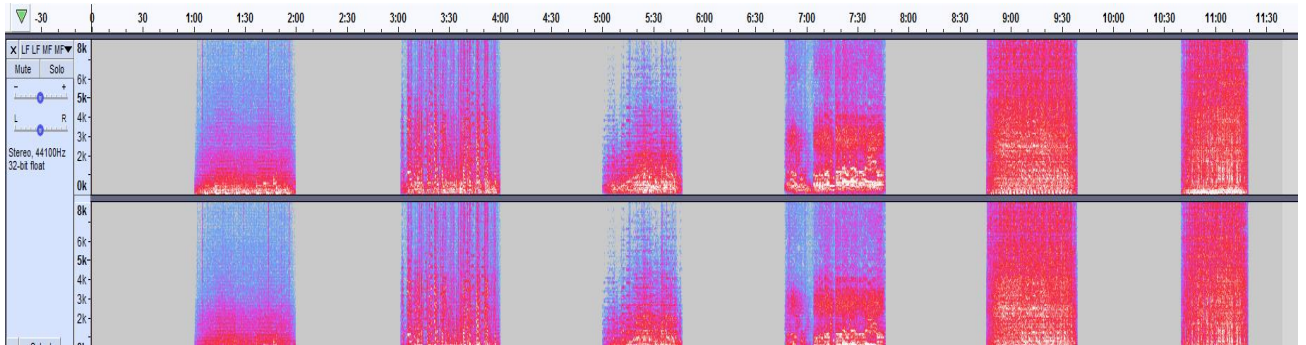


Рис. 4.3. Досліджуваний акустичний сигнал складної форми

У наступних підрозділах була розглянута ділянка запису ЕЕГ, яка відповідає до експозиції до першої із зведених у досліджуваний трек композицій - Demon Wings музичного гурту Bohren & der Club of Gore, спектральні властивості якої були досліджені у роботі [76] та наведені на рис. 4.4. – головні піки сигналу запису знаходяться на 35 та 46 герцах[13].

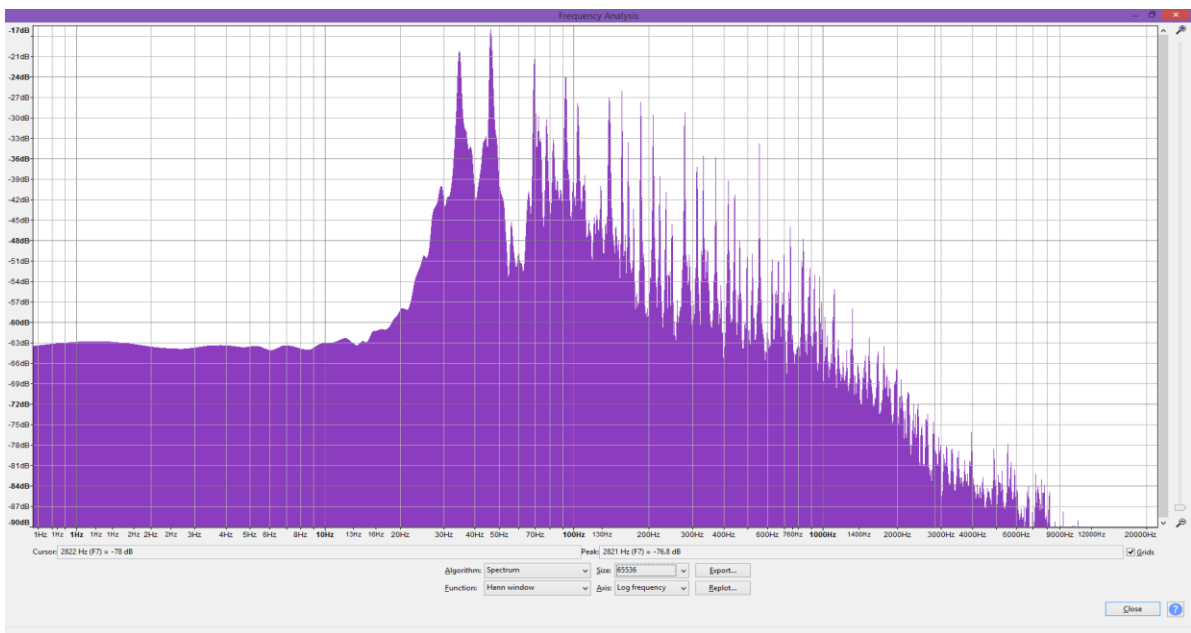


Рис. 4.4 Отримана спектрограма досліджуваної частини звукозапису On Demon Wings, що виконується музичною групою Bohren & der Club of Gore

Представлені у роботі дані є результатом спектрального аналізу відфільтрованого запису нативної електроенцефалограми, що перед вторинною обробкою були виражені через відсотковий вклад кожного з біоритмів у загальну потужність зареєстрованої ЕЕГ на підставі використання обчислювальних можливостей програми BrainTest.

Зазначена потужність була визначена наступним чином – спочатку було знайдено добуток вагової функції (вікна) із вхідним [77]. Використане вікно описується формулою (4.1), спектральна ж форма запису наступна (4.2-4.3) [78].

$$w_l = 1 \text{ для } n = -\frac{N}{2}, \dots, -1, 0, 1, \dots, \frac{N}{2}; 0 \text{ для інших } n \quad (4.1)$$

$$W_L(\theta) = \exp(-j \frac{N-1}{2} \theta) \frac{\sin(\frac{N}{2}\theta)}{\sin(\frac{1}{2}\theta)} \quad (4.2)$$

$$\theta = \omega \Delta t \quad (4.3)$$

Для результуючого сигналу (4.4) було визначено ряд періодограм (4.5). Із них із застосуванням алгоритму Велча було встановлено необхідну спектральну густину сигналу (4.6) [79].

$$x_p(n) = w(n) \cdot x(n), n = 0, 1, 2, \dots, N - 1 \text{ для } i = 0, 1, 2, \dots, 2N - 1; \quad (4.4)$$

$$P_x^i(f) = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x_p(n) e^{-j2\pi f n} \right|^2 \quad (4.5)$$

$$P_x^W = \frac{1}{2N} \sum_{i=0}^{2N-1} P_x^i(f) \quad (4.6)$$

Відповідно для дельта ритму P_δ^W рахується в межах 0.5-3.9 Гц, P_θ^W в межах 4-7 Гц, P_α^W в межах 8-13 Гц, P_β^W рахується в межах 14-30 Гц – що показано на Рис. 4.5.

Вклад кожного із ритмів розраховано по формулі (4.7):

$$P_{xr}^W = \frac{P_x^W}{P_{xs}^W} \cdot 100\% \quad (4.7)$$

Для аналізу використовували дані ЕЕГ, усереднені по певним групам відведень та показники для кожного відведення (табл. 4.1), що пізніше були усереднені по півкулям.

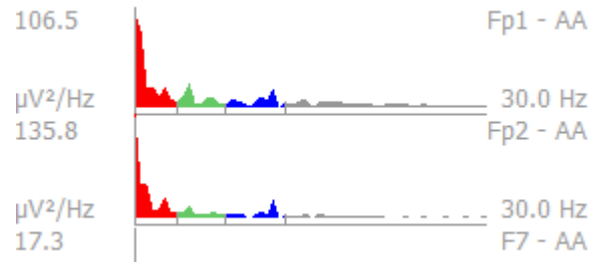


Рис. 4.5. Приклад спектру для кожного із відведень

Наведені групи відведень сформовані так, щоб показувати стан окремих частин головного мозку (лобних чи скроневих часток) для різних півкуль.

Табл. 4.1. Дані ЕЕГ, усереднені по групам відведень

| Ділянка мозку та її півкуля | Відведення |
|--|---------------------------------|
| Лобна ділянка, ліва півкуля | Fp1, F3, F7 |
| Лобна ділянка, права півкуля | Fp2, F4, F8 |
| Скронева ділянка, ліва півкуля | T3, T5 |
| Скронева ділянка, права півкуля | T4, T6 |
| Ділянка центральної борозни, ліва півкуля | C3 |
| Ділянка центральної борозни, права півкуля | C4 |
| Тім'яна ділянка, ліва півкуля | P3 |
| Тім'яна ділянка, права півкуля | P4 |
| Потилична ділянка, ліва півкуля | O1 |
| Потилична ділянка, права півкуля | O2 |
| Усереднені показники, ліва півкуля | Fp1, F3, F7, T3, T5, C3, P3, O1 |
| Усереднені показники, права півкуля | Fp2, F4, F8, T4, T6, C4, P4, O2 |

4.2.2 Дослідження впливу акустичного сигналу складної форми.

На початку серії експериментів було прийнято рішення під час попередньої оцінки результатів розглядати увесь запис енцефалограми цілком, тобто на протязі 11 хвилин 40 секунд. Це дало змогу оцінити сумарну картину впливу та визначити подальші кроки до точного аналізу отриманих результатів.

Під час проведення цього аналізу на підставі отриманих графіків були отримані відомості, відповідно до яких і проводився наступний чисельний та статистичний аналіз отриманих даних. Отримані результати були розглянуті відповідно по типах хвиль та півкулях.

Під час дослідження картини впливу для дельта ритму правої півкулі було встановлено, що для різних часових періодів наявний чіткий тренд росту (встановлення тренду відбувалося при використанні вбудованих засобів програми Excel) у часі самого експерименту та значний його ріст під час третього проведеного експерименту. Однак після прослуховування першого низькочастотного фрагменту помітно його значне падіння (рис. 4.6).

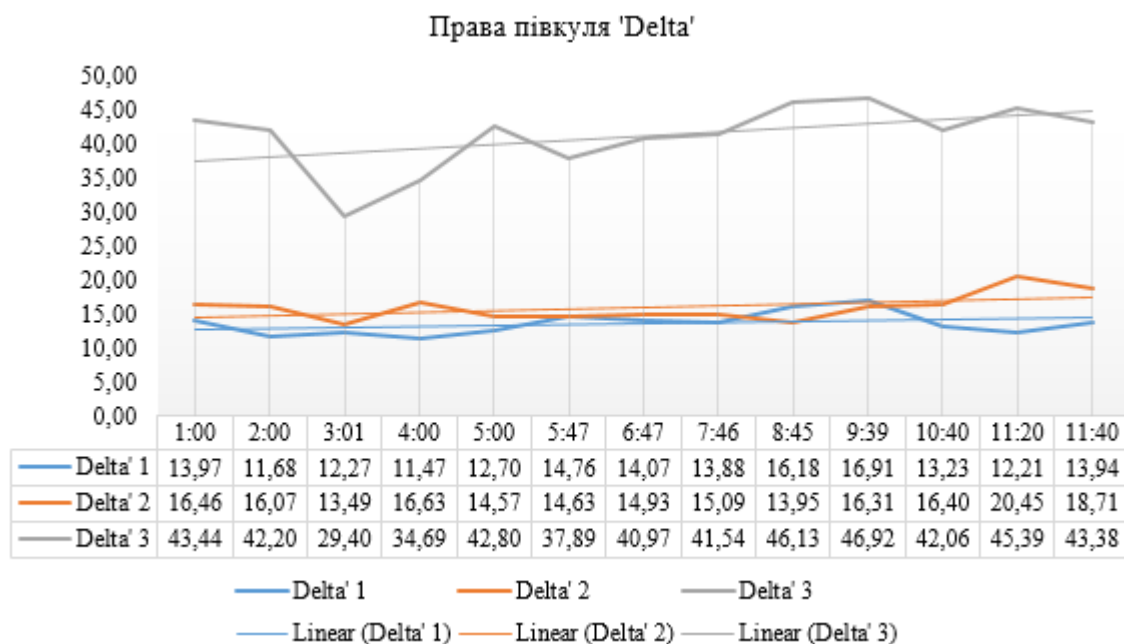


Рис. 4.6. Зміни дельта ритму правої півкулі

Розгляд результатів цього ж ритму для лівої півкулі підтвердив падіння його рівня на 2-3 хвилині під час проведення кожного з експериментів, значний стрибок під час третього експерименту та сумарний тренд на ріст рівня відсоткового вкладу ритму (рис. 4.7). Загалом помітне зростання рівня вкладу ритму у сумарну потужність енцефалограми, що є небажаним результатом.

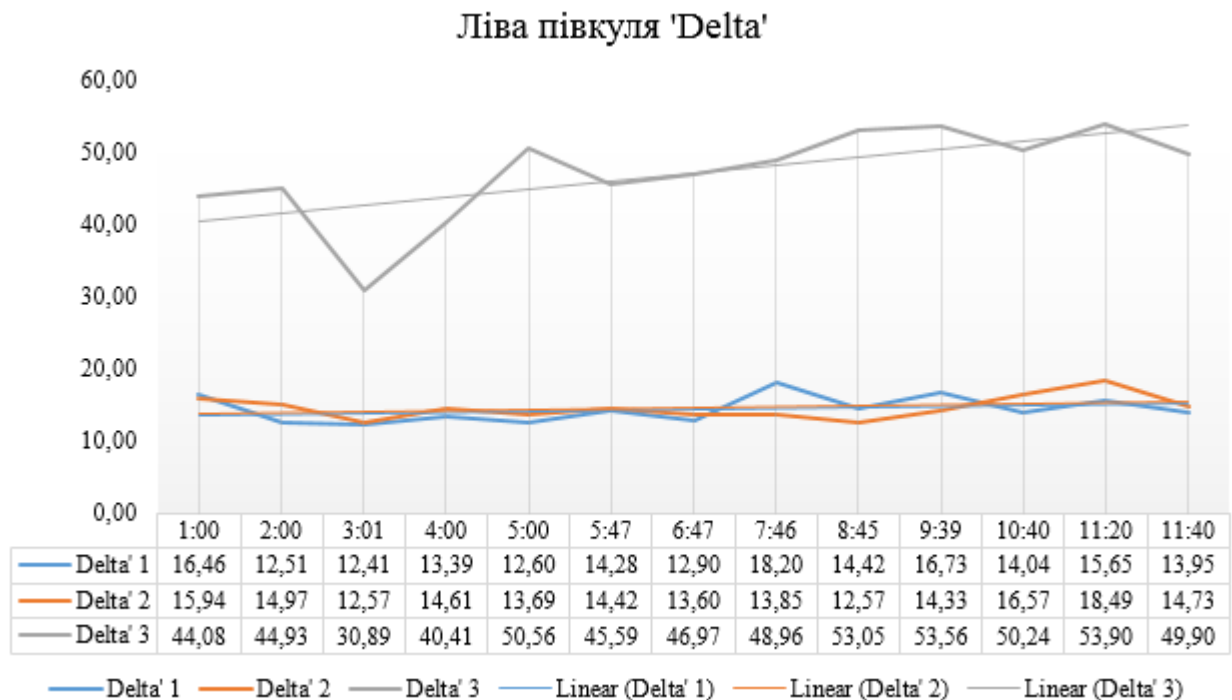


Рис. 4.7 Зміни дельта ритму лівої півкулі

Під час дослідження картини впливу для тета ритму правої півкулі було встановлено, що для різних часових періодів зміна тренду не спостерігається та присутнє значне падіння рівня вкладу ритму від першого до третього проведеного експерименту. Також після прослуховування першого низькочастотного фрагменту помітно падіння відсоткового рівня його вкладу. Це відбувається для кожного з експериментів.

Окремо варто зазначити наявність незначних змін цього ритму під час тривалості випробування для кожного із проведених експериментів, як і для попередньо розглянутого ритму. Ці зміни не співпадають у різних експериментах і не вносять значних змін у сам тренд (рис. 4.8).

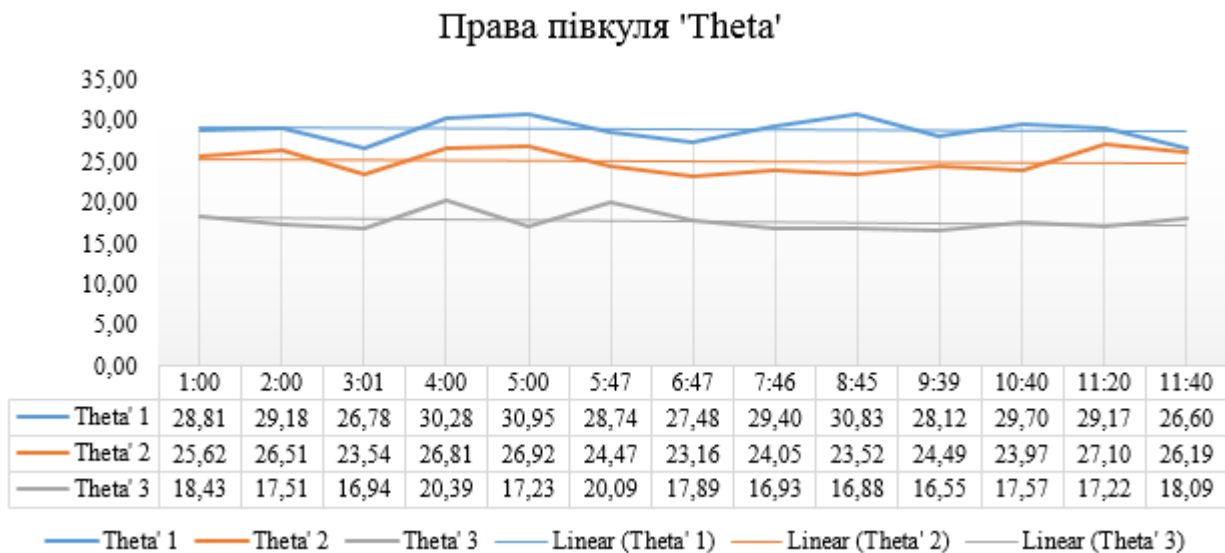


Рис. 4.8 Зміни тета ритму правої півкулі

Розгляд результатів цього ж ритму для лівої півкулі підтвердив падіння на 2-3 хвилині під час проведення кожного з експериментів, падіння його рівня вкладу від першого до третього експерименту та сумарний стабільний тренд (рис. 4.9). Загалом присутнє падіння рівня вкладу ритму у сумарну потужність енцефалограми, що є бажаним результатом.

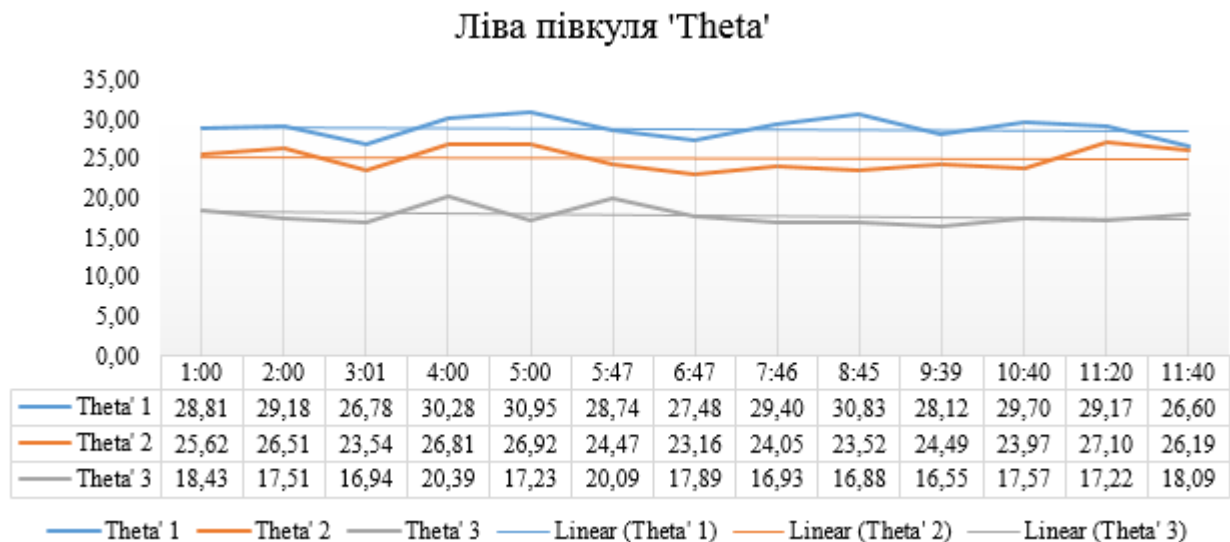


Рис. 4.9 Зміни тета ритму лівої півкулі

Під час дослідження картини впливу для альфа ритму правої півкулі було встановлено, що для різних часових періодів зміна тренду не спостерігається та

присутнє значне його падіння від першого до третього проведеного експерименту. Однак після прослуховування першого низькочастотного фрагменту помітно зростання відсоткового рівня його вкладу для усіх проведених експериментів.

Окремо варто зазначити наявність незначних змін цього ритму під час тривалості випробування для кожного із проведених експериментів, як і для попередньо розглянутого ритму. Ці зміни не співпадають у різних експериментах і не вносять значних змін у сам тренд (рис. 4.10).

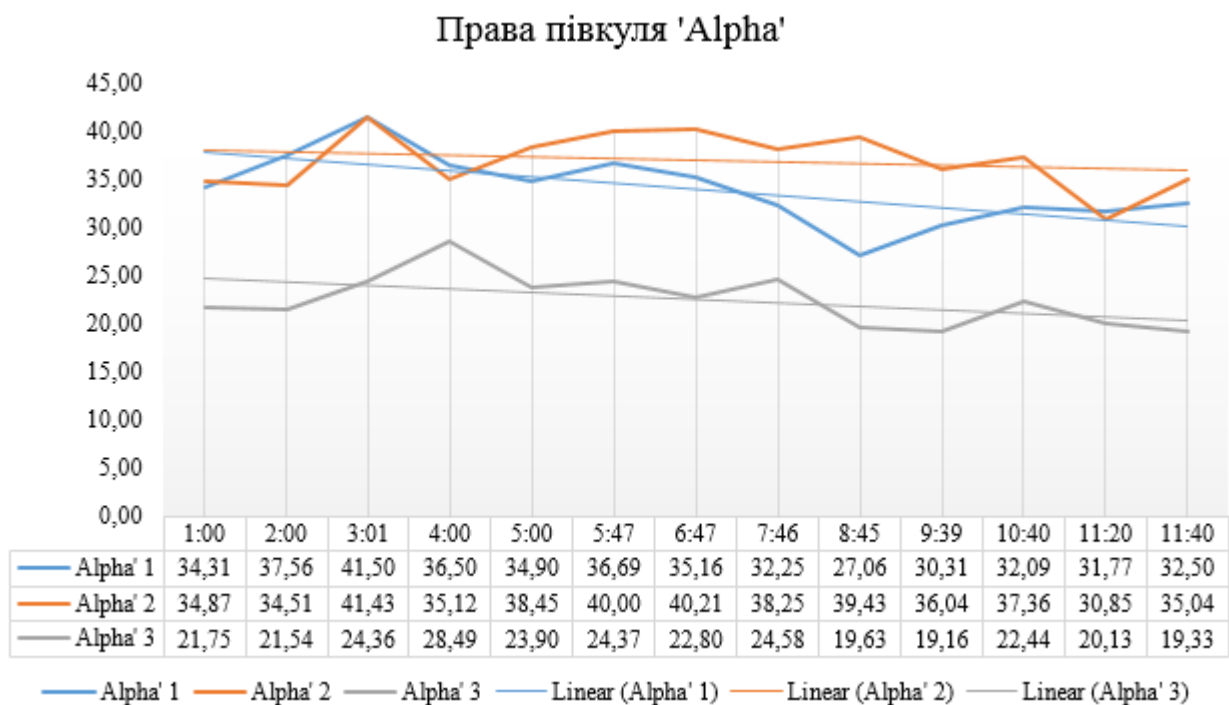


Рис. 4.10 Зміни альфа ритму правої півкулі

Розгляд результатів цього ж ритму для лівої півкулі підтвердив зростання його рівня вкладу на 2-3 хвилині під час проведення кожного з експериментів, падіння рівня вкладу від першого до третього експерименту та сумарний тренд на падіння рівня відсоткового вкладу ритму (рис. 4.11). Загалом присутнє падіння рівня вкладу ритму у сумарну потужність енцефалограми, що є небажаним результатом.

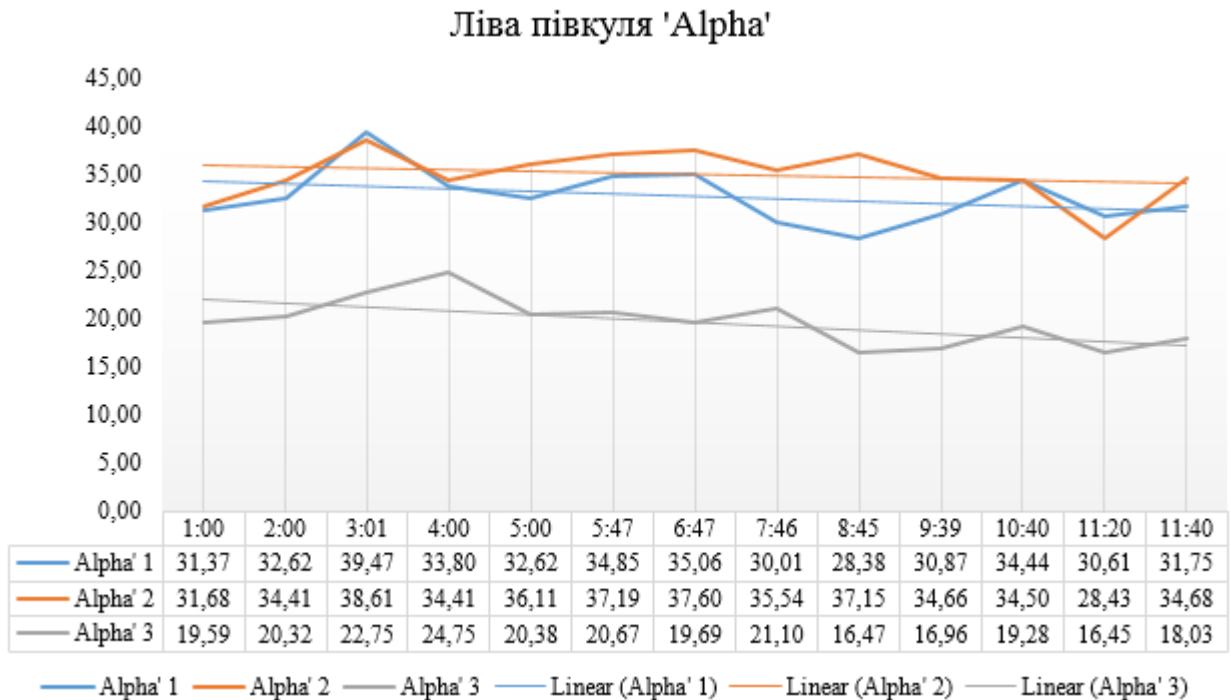


Рис. 4.11 Зміни альфа ритму лівої півкулі

Під час дослідження картини впливу для бета ритму правої півкулі було встановлено, що для різних експериментів присутня зміна тренду (від зростаючого у першому експерименті до спадаючого у третьому). Також після прослуховування першого низькочастотного фрагменту помітно падіння відсоткового рівня його вкладу для двох експериментів і аномальний його ріст для третього. Ця зміна є одиничною і не повторюється у інших експериментах.

Окремо варто зазначити наявність незначних змін цього ритму під час тривалості випробування для кожного із проведених експериментів, як і для попередньо розглянутого ритму. Ці зміни не співпадають у різних експериментах і не вносять значних змін у сам тренд (рис. 4.12).

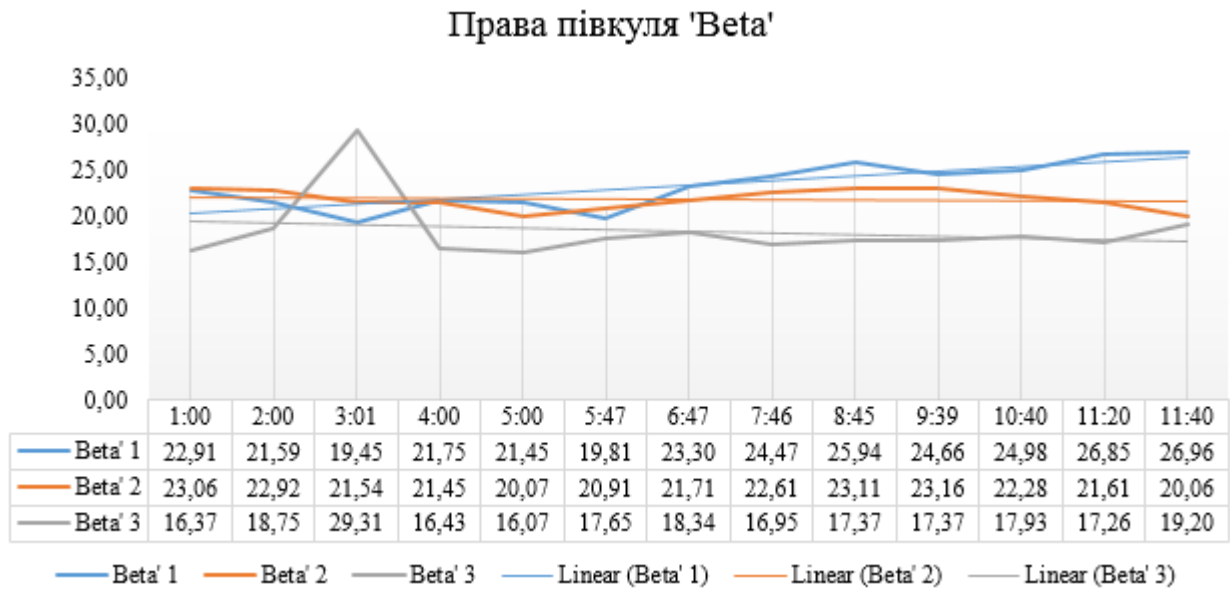


Рис. 4.12 Зміни бета ритму правої півкулі

Розгляд результатів цього ж ритму для лівої півкулі підтвердив різкий стрибок його рівня на 2-3 хвилині під час проведення третього експерименту, результуюче падіння рівня вкладу ритму від першого до третього експерименту (рис. 4.13). Загалом присутнє падіння рівня вкладу ритму у сумарну потужність енцефалограми, що є бажаним результатом.

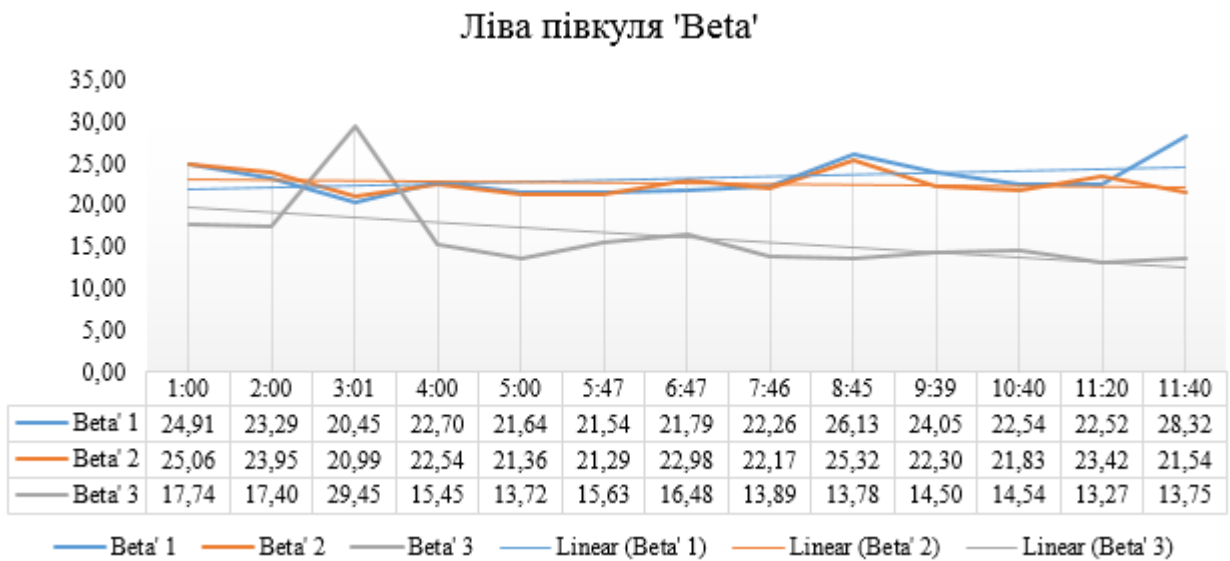


Рис. 4.13 Зміни тета ритму лівої півкулі

Загалом проведений аналіз показує необхідність проведення більш детального кількісного та статистичного аналізу саме результатів електроенцефалограми у проміжку від першої до третьої хвилин кожного із експериментів та дослідження можливості використання рівня вкладу дельта ритму у сумарну потужність електроенцефалограми як маркеру негативного психоемоційно-активного впливу (теоретично – стресу, що відповідає характеристиці того часового періоду, у який проводились експерименти).

Відповідно до всього вищенаведеного також необхідно звернути увагу на недостатність експозиції до кожного із музичних сигналів (однієї хвилини недостатньо для появи чітко вираженої реакції).

4.2.3 Аналіз отриманих результатів для групованих відведень

Усереднені експериментальні дані, отримані в процесі проведення дослідження наведені в таблицях 1-4 додатку В.

Порівняльний аналіз ритмів мозкової активності показав, що до початку прослуховування низькочастотного музичного фрагменту на фоновій ЕЕГ в усіх областях, крім потиличної правої півкулі, спостерігалась домінуюча частота β -ритму. Середні значення α -ритму переважали в потиличній ділянці.

На підставі наведених у таблицях 1-4 додатку В результатів дослідження можна відмітити тенденцію до зростання індексу вираженості α -ритму в обох півкулях з покращенням його спектральних характеристик, стабілізації частотних, амплітудних показників. Причому ця тенденція спостерігалась вже безпосередньо під час прослуховування музичного твору. Найбільше зростання індексу вираженості відмічалось в скроневій ділянці і становило 2,2%.

Одночасно відмічається позитивна динаміка бета-спектру, яка проявляється в мінімізації реєстрації або повній відсутності даних частот по конвекситальній поверхні мозку, усунені пароксизмальних розрядів даного ритму та вогнищевої локалізації (рис. 4.14).

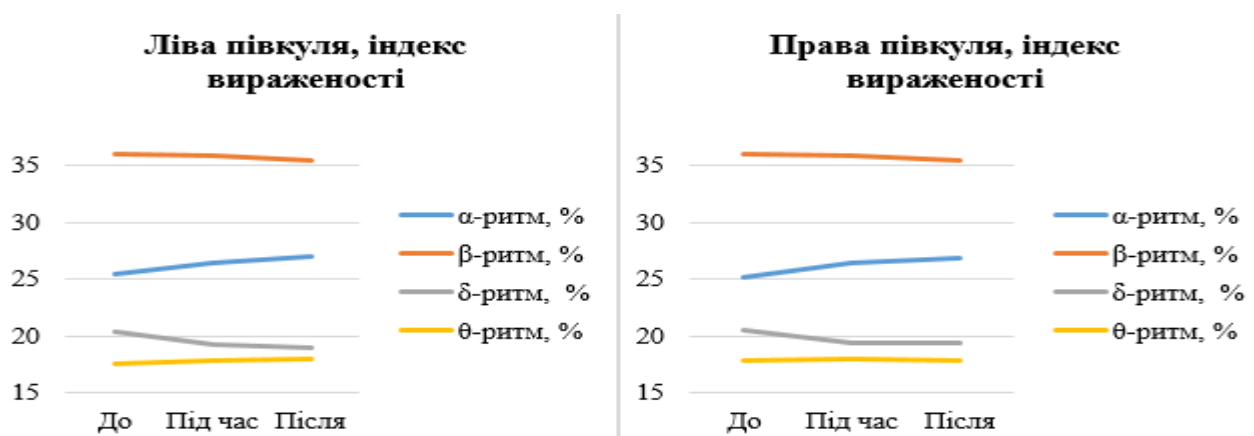


Рис. 4.14. Зміна ритмів мозкової активності під впливом низькочастотного аудіостимулу

Дані зміни є ознакою вихідного емоційного та психологічного збудження, яке вдається зменшити за допомогою музикотерапії.

Що стосується θ -хвиль, які на фоновій ЕЕГ реєструються в максимально припустимих кількостях, вони дають нам підстави стверджувати про високу активність гіпокампа, який є органом пам'яті і відповідає за якість засвоєної інформації та лежить в основі самонавчання. Нормалізація показників даних ритмів (зокрема зменшення амплітуд на 11% в лівій півкулі) свідчить про створення фізіологічно сприятливих умов для засвоєння отриманої інформації, створення резервних можливостей для сприйняття нової, за умов якісного опрацювання попередньої.

Амплітуди δ -хвиль зменшились на 5% в лівій півкулі і на 8% – в правій, однак індекс вираженості даного параметра майже не змінився (1,1%-1,4% відповідно у правій і лівій півкулі) порівняно з фоновною ЕЕГ.

Суб'єктивні оцінки учасників дослідження після сеансу були наступні. В групі чоловіків в 10 випадках відмічалось розслаблення, покращення самопочуття, зменшення почуття тривоги, дратівливості, (за наявності скарг до початку сеансу), в 2 випадках – не помітили суттєвої зміни стану.

4.3 Аналіз відношення вкладу дельта-хвиль головного мозку у його сумарну активність під впливом суперпозиції стимулів

4.3.1 Задача і мета дослідження

Метою дослідження підрозділу є проведення дослідження зміни вкладу дельта-ритму у сумарну зареєстровану потужність ЕЕГ у відсотковому обсязі до та під час експозиції до низькочастотного акустичного сигналу та до та під час активного впливу стресогенного фактору, який являє собою підвищене навчальне навантаження, тобто вплив дії суперпозиції психоемоційних факторів.

Для досягнення мети були сформульовані наступні задачі:

Дослідити зміни рівня вкладу дельта-хвиль у сумарну потужність ЕЕГ до та після експозиції до низькочастотного акустичного сигналу.

Дослідити зміни рівня вкладу дельта-хвиль у сумарну потужність ЕЕГ до та під час експозиції до дії стресового фактору.

Дослідити зміни рівня вкладу дельта-хвиль у сумарну потужність ЕЕГ до експозиції до низькочастотного акустичного сигналу до початку дії стресового фактору.

Дослідити зміни рівня вкладу дельта-хвиль у сумарну потужність ЕЕГ після експозиції до низькочастотного акустичного сигналу під час дії стресового фактору.

4.3.2 Методика обробки результатів дослідження

Під час проведення експериментів було досліджено непрямий вплив пролонгованого (тривалістю від трьох до семи тижнів) навчального стресу, що призводить до поступового зростання рівня психоемоційної напруженості. Першу серію експериментів було проведено під час початку навчального семестру, другу – у період семестру, коли студенти піддавались підвищеному навчальному навантаженню – тобто у проміжок між другим календарним контролем та початком екзаменаційної сесії. На відміну від стресового, акустичний вплив був прямим – тобто експозиція до музичного сигналу була складовою частиною експерименту.

Для приведеного дослідження чисельне значення рівня напруженості було визначене як рівень вкладу дельта-ритму у сумарну потужність ЕЕГ у відсоткових пунктах. Відповідно із ростом вказаного відсотку росте і реєструємий рівень стресу.

Розглянуті результати є складовою частиною описаних у підпункті 4.2.1 і було обрані через відповідність необхідному розподілу по часу свого проведення. Загалом можна вказати наступні відомості: були розглянуті експериментальні результати 5 осіб, двох чоловіків та трьох жінок віком від 18 до 22 років. Загалом було проведено 14 експериментів – сім у чоловічій та сім у жіночій групі. Необхідно зазначити що для одної особи було проведено 4 сеанси запису даних, для 3 осіб – 3 сеанси, для 1 особи 1 сеанс [13].

Отримані результати було згруповано відповідно до початку непрямого впливу розтягнутих у часі стресових факторів (у два масиви по 7 експериментів кожен) – до його початку (3 експерименти у жінок, 4 експерименти у чоловіків) та після (4 експерименти у жінок, 3 експерименти у чоловіків) [13].

Розглянуті у рамках даного підрозділу тестові результати приведені у Табл. 4.2, де приведені середні значення відсоткового вкладу дельта-ритму у сумарну

потужність ЕЕГ для обох півкуль головного мозку (літера «п» показує, що результат було отримано до початку дії стресового впливу, літера «д» - результат, отриманий під час зазначеного впливу), визначені під час проведення статистичного аналізу значення параметрів Z та p , за допомогою яких було досліджено наявність що визначають присутність СЗР між відсотковими показниками рівнів внеску дельта-ритму у сумарну потужність ЕЕГ за двома наведеними критеріями (відповідно відносно дії стресового фактору – до та під час його дії та відносно хронометражу – на першій та третій хвилині запису ЕЕГ) для приведених тестових груп (кожна містить 7 вимірів) [13].

Необхідно вказати, що у рамках даного дисертаційного дослідження параметр α (граничне значення рівня значимості) прийнято рівним 0,05. За допомогою непараметричного тесту Уїлкоксона [71], який було використано через те, що усі представлені у порівняльних підгрупах тестові групи є пов'язаними, було визначено відсутність або присутність статистично значимої різниці між результатами тестових підгруп.

Табл. 4.2 Результати експерименту до та під час дії стресового фактору

| ТЕСТОВА ГРУПА | НОМЕР ПОРІВНЯЛЬНОЇ ГРУПИ | ТЕСТ УШКОКСОНА | | |
|------------------|--------------------------|---|------|-------|
| | | Середнє значення відсоткового внеску дельта-ритму у потужність ЕЕГ | Z | p |
| д 1 лів | 1 | 15,37 | 2,37 | 0,018 |
| п 1 лів | | 22,48 | | |
| д 1 прав | 2 | 14,43 | 2,37 | 0,018 |
| п 1 прав | | 23,67 | | |
| д 3 лів | 3 | 12,39 | 2,37 | 0,018 |
| п 3 лів | | 22,79 | | |
| д 3 прав | 4 | 12,21 | 2,37 | 0,018 |
| п 3 прав | | 23,011 | | |
| д 1 лів | 5 | 15,37 | 2,37 | 0,018 |
| д 3 лів | | 12,39 | | |
| д 1 прав | 6 | 14,43 | 2,2 | 0,028 |
| д 3 прав | | 12,21 | | |
| п 1 лів | 7 | 22,48 | 1,01 | 0,31 |
| п 3 лів | | 22,79 | | |
| п 1 прав | 8 | 23,67 | 1,18 | 0,24 |
| п 3 прав | | 23,01 | | |

Із досліджуваного масиву результатів було сформовано 8 груп результатів, на базі яких було утворено порівняльні групи. Досліджувані результати являють собою описані раніше відносні рівні вкладу дельта-ритму у результуючу ЕЕГ у потужнісному діапазоні.

Головним критерієм поділу результатів між тестовими групами була їх кореляція із точкою початку впливу стресового фактору.

Наступним критерієм був хронометраж безпосередньо самого експерименту, у якому для усього масиву досліджуваних результатів було встановлено дві важливі точки поділу - результати першої хвилини запису ЕЕГ (до початку акустичного впливу) позначені цифрою "1", результати, що отримані

під час третьої хвилини (по закінченню експозиції до акустичного сигналу) позначені цифрою “ 3 ”.

Словами «лів» та «прав» позначені результати відповідно для лівої та правої півкуль.

Відповідно до Табл. 4.2, порівняльні групи оцінюють такі співвідношення тестових груп[13]:

Перша досліджує співвідношення тестової групи, яка була записана до початку стресового впливу впродовж першої хвилини запису ЕЕГ для лівої півкулі з тестовою групою, яка була зареєстрована під час активної дії стресового фактору на людину протягом першої хвилини запису ЕЕГ для лівої півкулі.

Друга досліджує співвідношення тестової групи, яка була записана до початку стресового впливу впродовж першої хвилини запису ЕЕГ для правої півкулі з тестовою групою, яка була зареєстрована під час активної дії стресового фактору на людину протягом першої хвилини запису ЕЕГ для правої півкулі.

Третя досліджує співвідношення тестової групи, яка була записана до початку стресового впливу впродовж третьої хвилини запису ЕЕГ для лівої півкулі з тестовою групою, яка була зареєстрована під час активної дії стресового фактору на людину протягом третьої хвилини запису ЕЕГ для лівої півкулі.

Четверта досліджує співвідношення тестової групи, яка була записана до початку стресового впливу впродовж третьої хвилини запису ЕЕГ для правої півкулі з тестовою групою, яка була зареєстрована під час активної дії стресового фактору на людину протягом третьої хвилини запису ЕЕГ для правої півкулі.

П'ята досліджує співвідношення тестової групи, яка була записана до початку стресового впливу впродовж першої хвилини запису ЕЕГ для лівої півкулі з тестовою групою, яка була записана до початку стресового впливу впродовж третьої хвилини запису ЕЕГ для лівої півкулі.

Шоста досліджує співвідношення тестової групи, яка була записана до початку стресового впливу впродовж першої хвилини запису ЕЕГ для правої півкулі з тестовою групою, яка була записана до початку стресового впливу впродовж третьої хвилини запису ЕЕГ для правої півкулі.

Сьома досліджує співвідношення тестової групи, яка була зареєстрована під час активної дії стресового фактору на людину протягом першої хвилини запису ЕЕГ для лівої півкулі з тестовою групою, яка була зареєстрована під час активної дії стресового фактору на людину протягом третьої хвилини запису ЕЕГ для лівої півкулі.

Восьма досліджує співвідношення тестової групи, яка була зареєстрована під час активної дії стресового фактору на людину протягом першої хвилини запису ЕЕГ для правої півкулі з тестовою групою, яка була зареєстрована під час активної дії стресового фактору на людину протягом третьої хвилини запису ЕЕГ для правої півкулі[13].

Під час проведення статистичної обробки результатів експериментів було враховано той факт, що усі тестові групи є залежними, оскільки були отримані у однієї групи респондентів, однак лише є рознесеними по часу. Різницею є або часовий проміжок у власне матеріалах експерименту, або час проведення самого експерименту.

4.3.3 Аналіз отриманих результатів

З отриманих результатів видно, що середні значення рівня відсоткового вкладу дельта-ритму у сумарну потужність для тестових груп під час впливу стресових факторів зросла щодо чисельних значень, отриманих до початку зазначеного впливу. Також, якщо до впливу стресу було зареєстровано падіння значень рівня дельта ритму для третьої хвилини хронометражу досліду відносно першої, то після початку експозиції до дії стресу зазначені значення не змінювались. Статистичний аналіз показав відсутність СЗР для порівняльних груп №7 та 8.

Графічне відображення зареєстрованих даних до та під час дії стресового фактору приведено у вигляді графіків (Рис. 4.15-Рис. 4.22)[13].

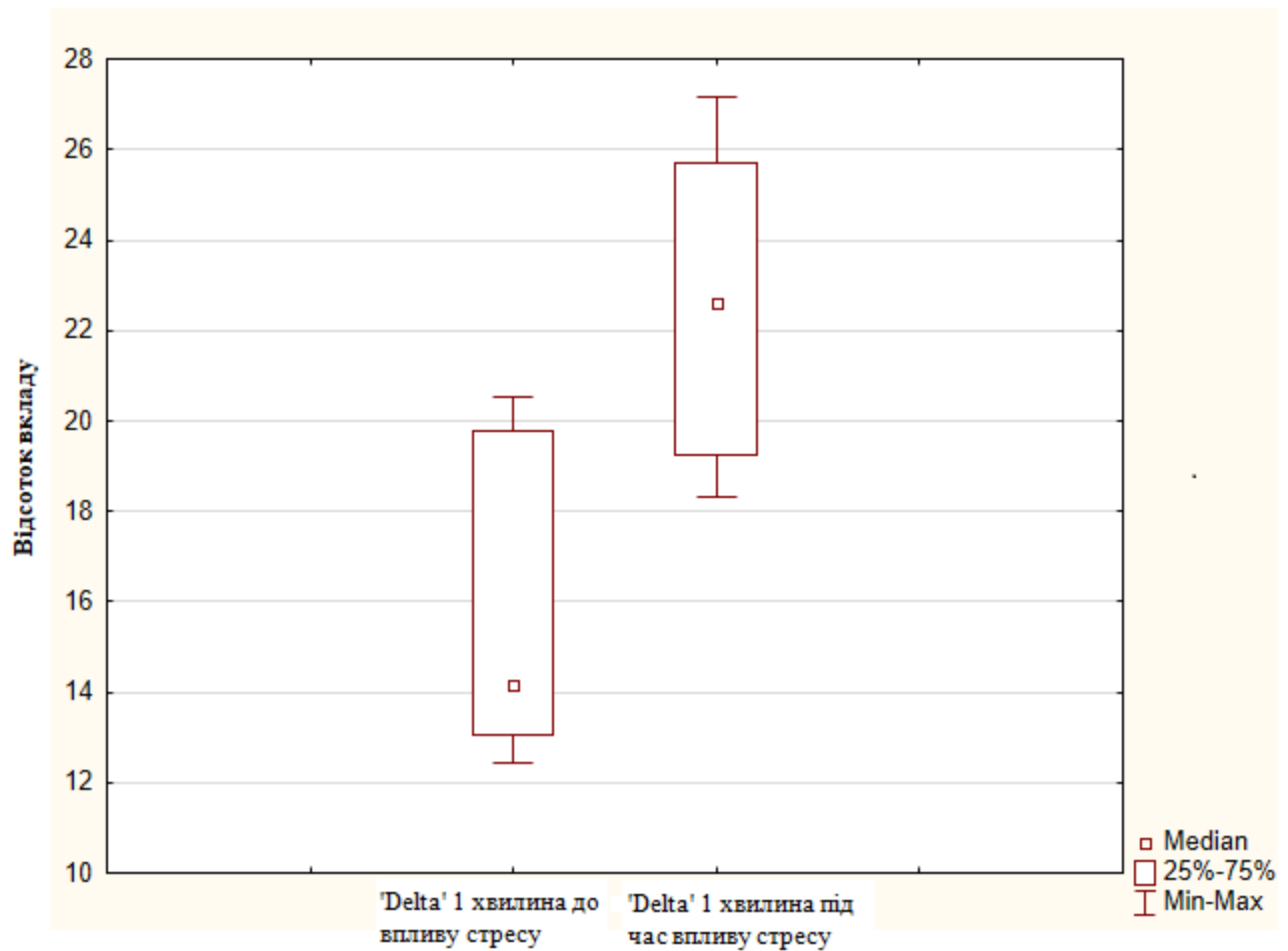


Рис. 4.15 Результати, зареєстровані до та під час експозиції до стресового фактору на 1 хвилині експерименту для лівої півкулі – перша порівняльна група

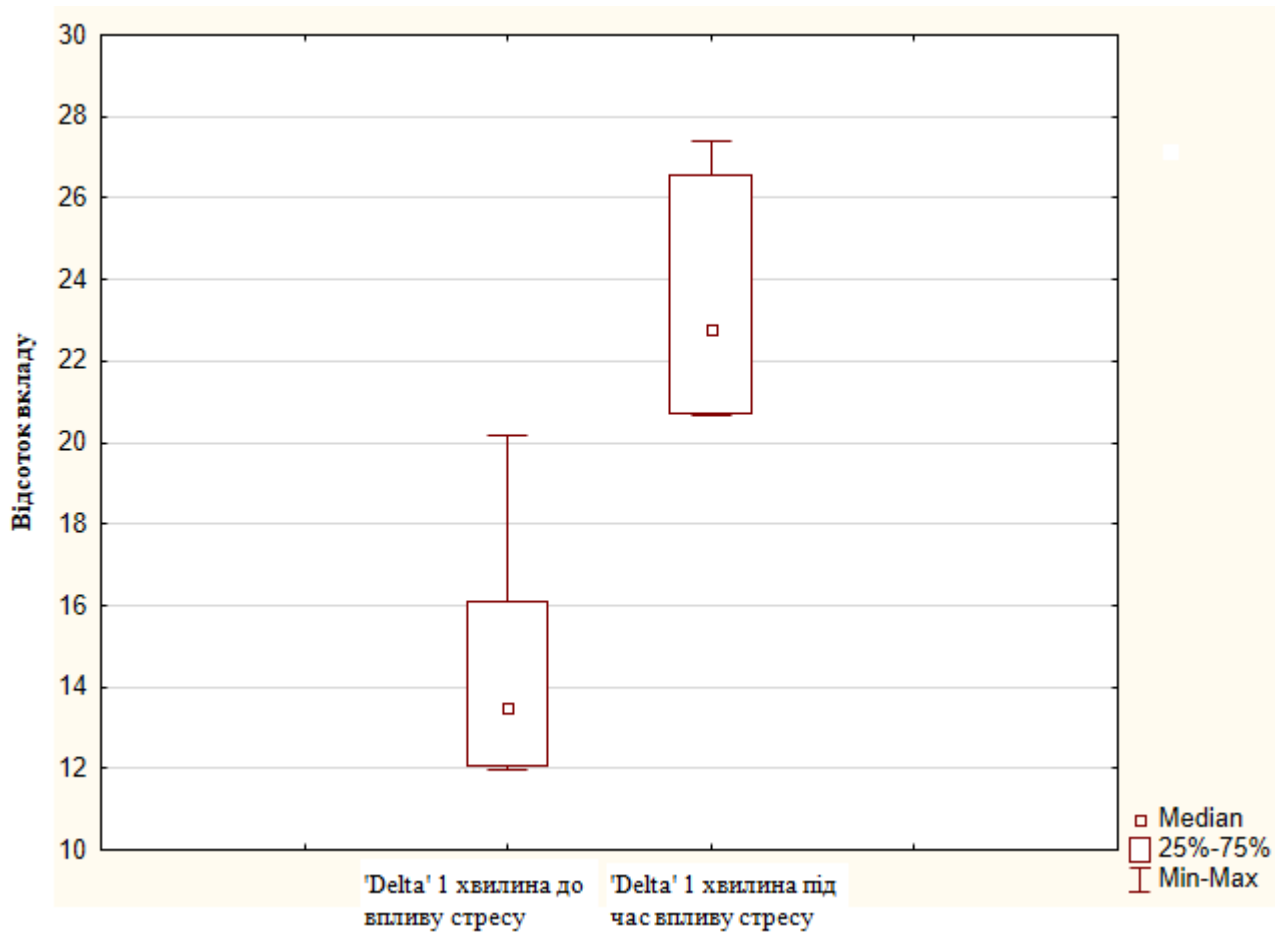


Рис. 4.16 Результати, зареєстровані до та під час експозиції до стресового фактору на 1 хвилині експерименту для правої півкулі – друга порівняльна група

При розгляді рис. 4.15 (приведено порівняльну групу №1, для якої різниця між середніми значеннями рівня вкладу дельта-ритму для тестових груп складає 7,11 відсоткових пунктів) та рис. 4.16 (приведено порівняльну групу №2, для якої різниця між середніми значеннями рівня вкладу дельта-ритму для тестових груп складає 9,24 відсоткових пунктів) стає зрозуміло, що незважаючи на те, що отримані у тестових групах результати різняться між собою, присутня яскраво виражена тенденція до збільшення рівня вкладу дельта-хвиль у сумарну потужність ЕЕГ під час експозиції до стресового фактору для обох півкулі. Для двох розглянутих порівняльних груп присутня СЗР між утворюючими їх

тестовими групами. Зазначені дані було отримано до початку експозиції до акустичного впливу[13].

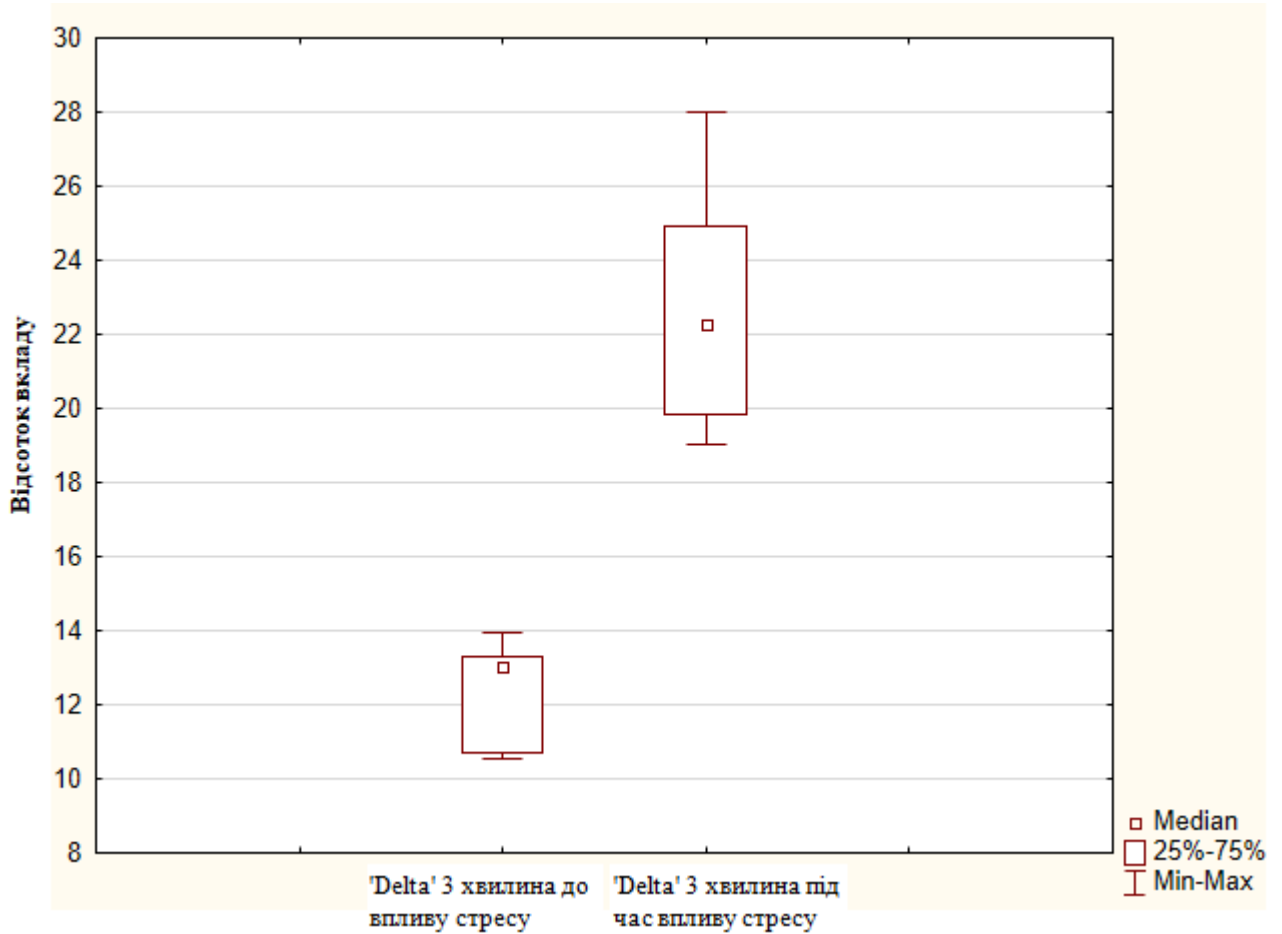


Рис. 4.17 Результати, зареєстровані до та під час експозиції до стресового фактору на 3 хвилині експерименту для лівої півкулі – третя порівняльна група

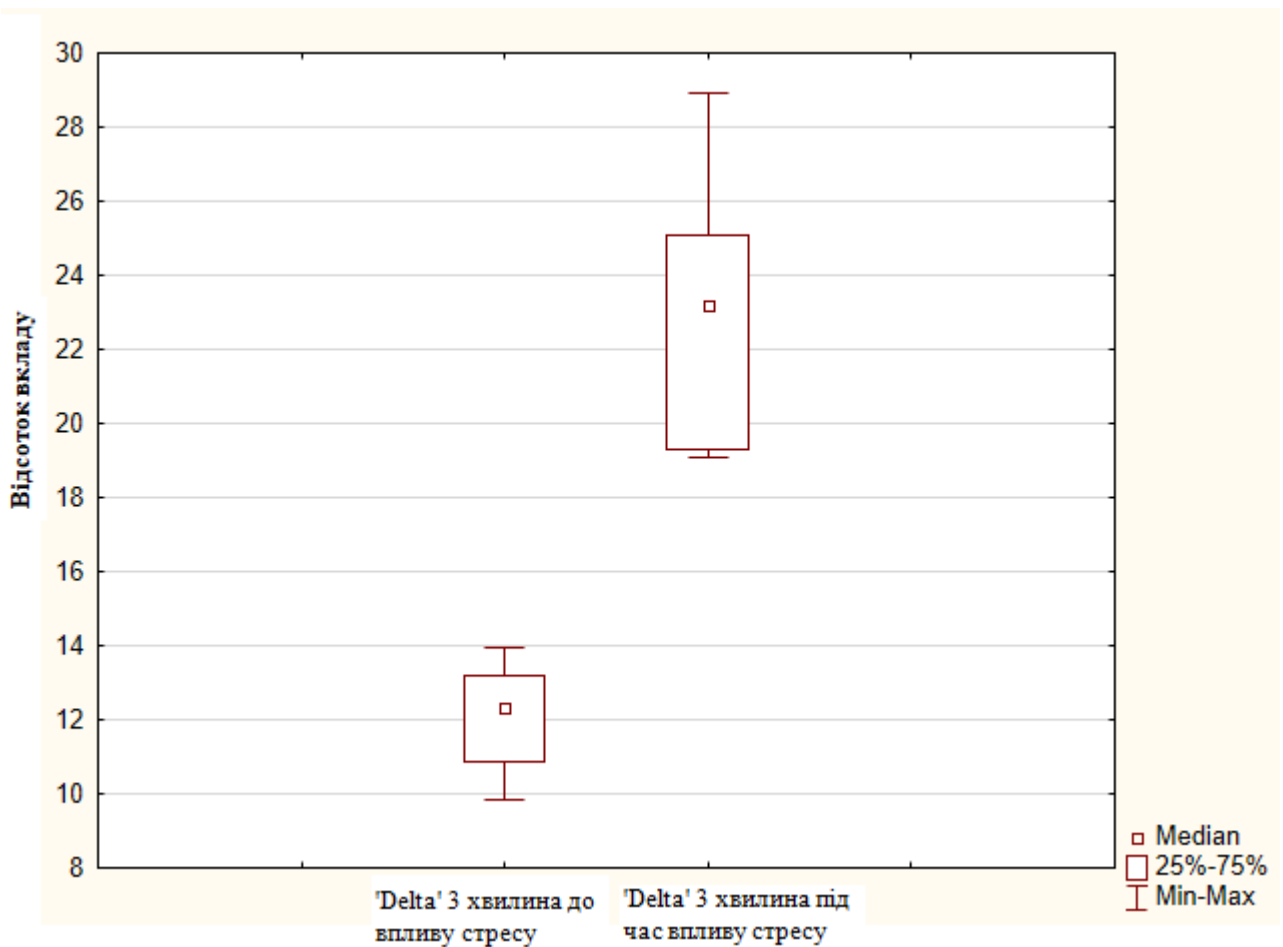


Рис. 4.18 Результати, зареєстровані до та під час експозиції до стресового фактору на 3 хвилині експерименту для правої півкулі – четверта порівняльна група

При розгляді рис. 4.17 (приведено порівняльну групу №3, для якої різниця між середніми значеннями рівня вкладу дельта-ритму для тестових груп складає 10,4 відсоткових пунктів) та Рис. 4.18 (приведено порівняльну групу №4, для якої різниця між середніми значеннями рівня вкладу дельта-ритму для тестових груп складає 10,79 відсоткових пунктів) стає зрозуміло, що рівень напруженості під час експозиції до дії стресового фактору значно збільшується, що спостерігається для усього розглянутого масиву отриманих результатів і вказує на те, що рівень напруженості зростає і після застосування музичної терапії. Для двох розглянутих порівняльних груп присутня СЗР між утворюючими їх тестовими групами[13].

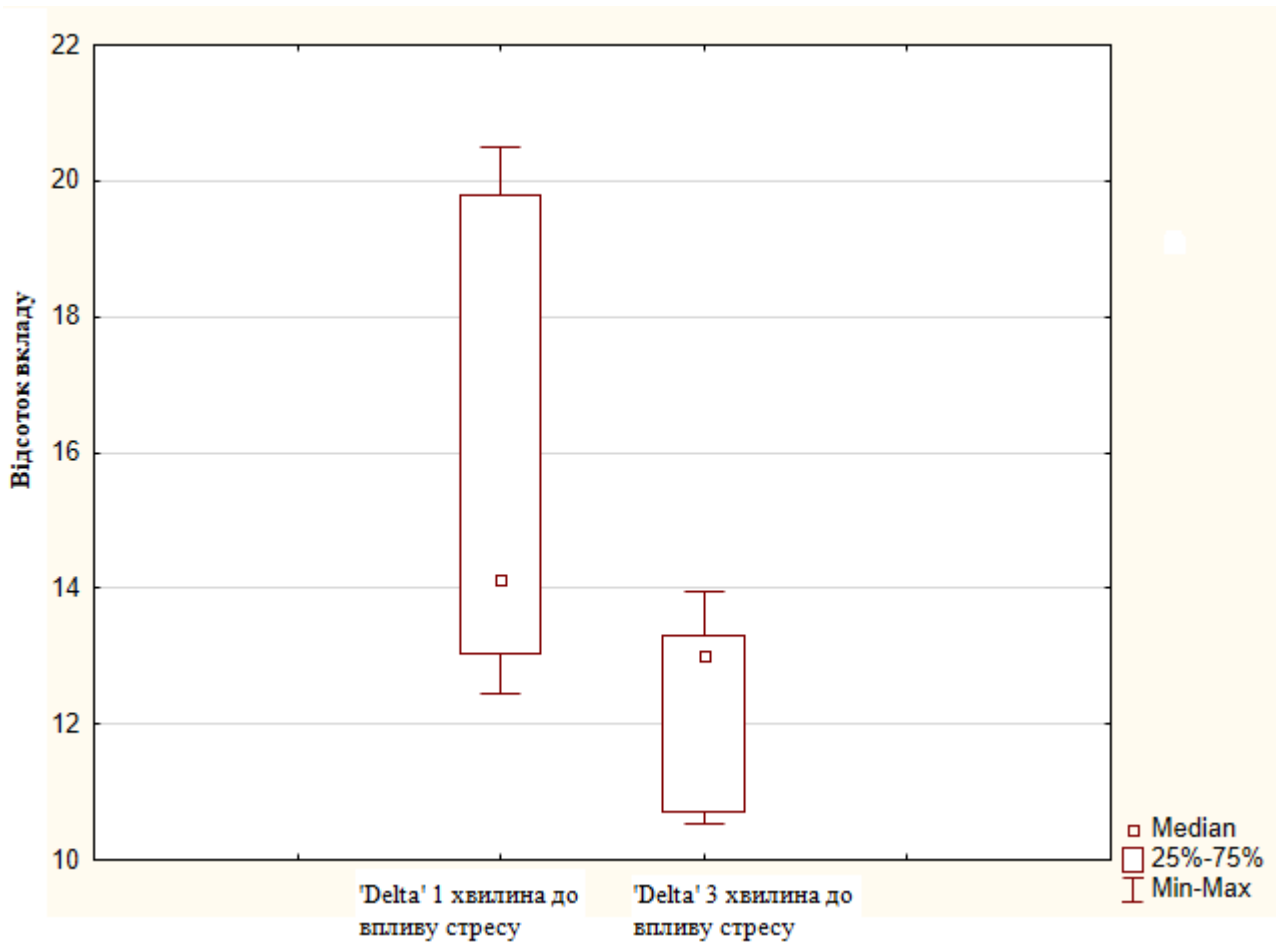


Рис. 4.19 Результати, зареєстровані до експозиції до стресового фактору на 1 та 3 хвилинах експерименту для лівої півкулі – п'ята порівняльна група

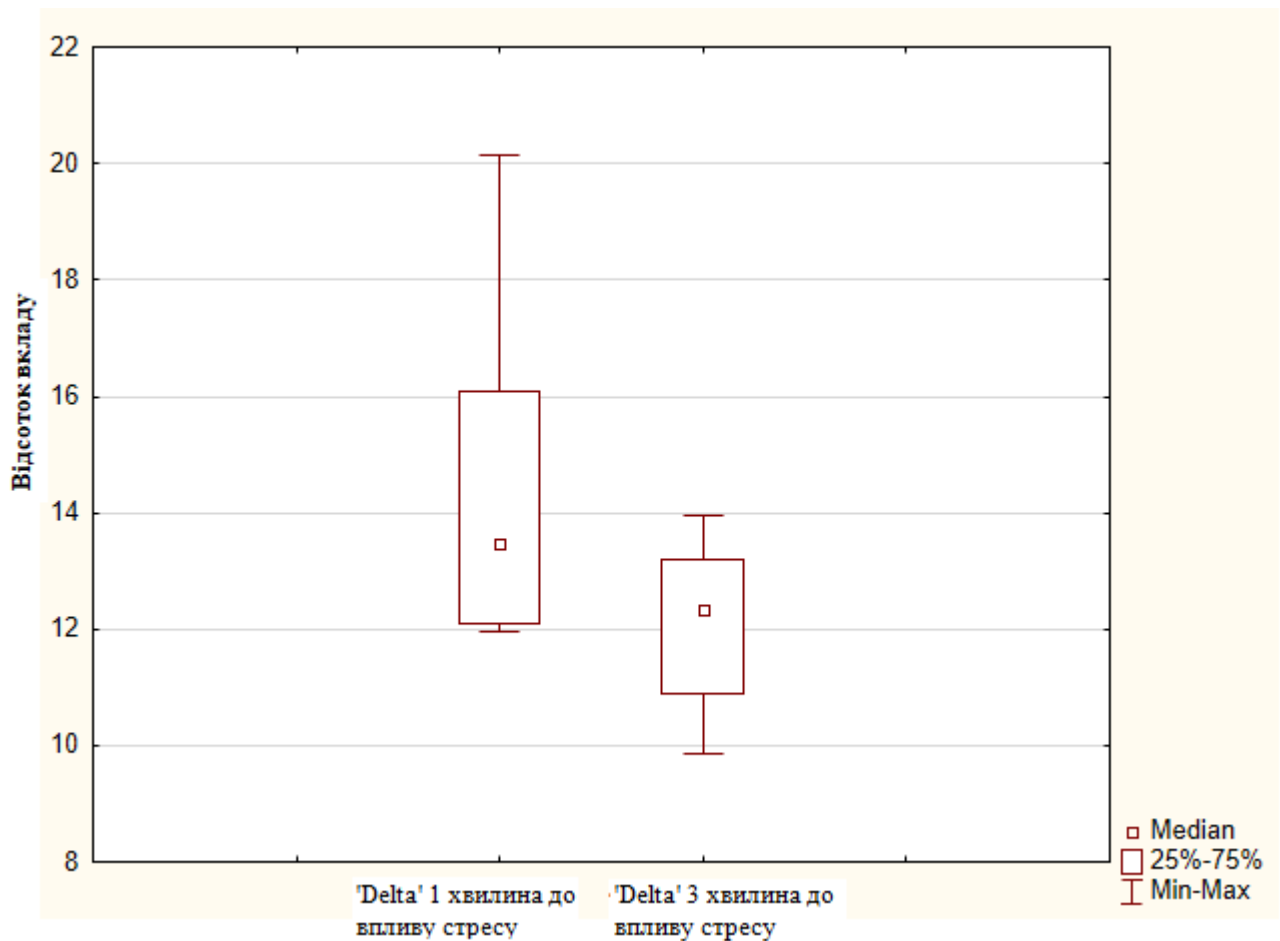


Рис. 4.20 Результати, зареєстровані до експозиції до стресового фактору на 1 та 3 хвилинах експерименту для правої півкулі – шоста порівняльна група

При розгляді Рис. 4.19 (приведено порівняльну групу №5, для якої різниця між середніми значеннями рівня вкладу дельта-ритму для тестових груп складає 2,97 відсоткових пунктів) та Рис. 4.20 (приведено порівняльну групу №6, для якої різниця між середніми значеннями рівня вкладу дельта-ритму для тестових груп складає 2,22 відсоткових пунктів) стає зрозуміло, що на третій хвилині хронометражу експерименту до початку впливу стресового фактору рівень напруженості після експозиції до акустичного сигналу зменшується, що вказує на наявність бажаного терапевтичного ефекту. Для двох розглянутих порівняльних груп присутня СЗР між утворюючими їх тестовими групами[13].

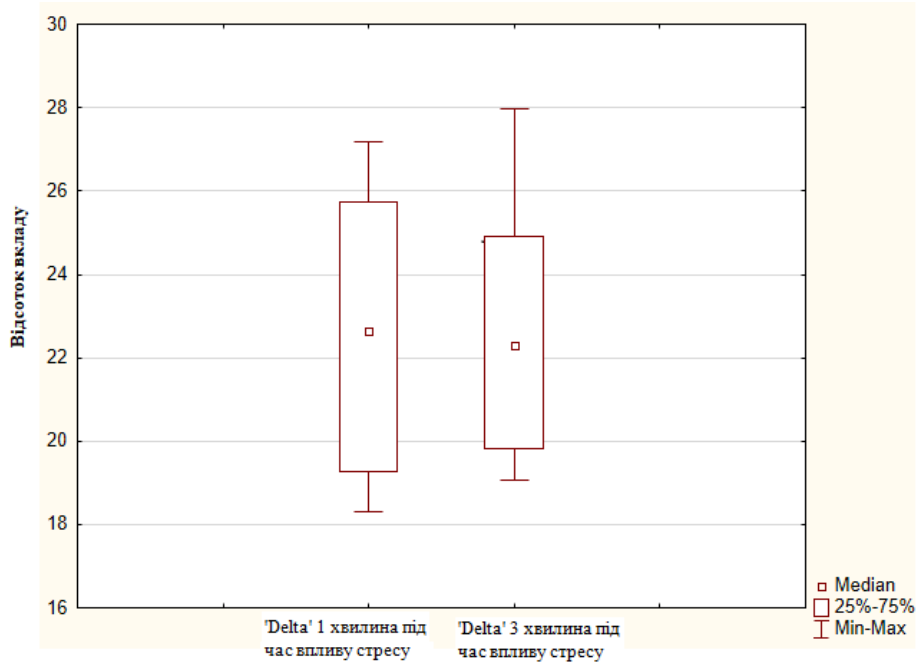


Рис. 4.21 Результати, зареєстровані під час експозиції до стресового фактору на 1 та 3 хвилинах експерименту для лівої півкулі – сьома порівняльна група

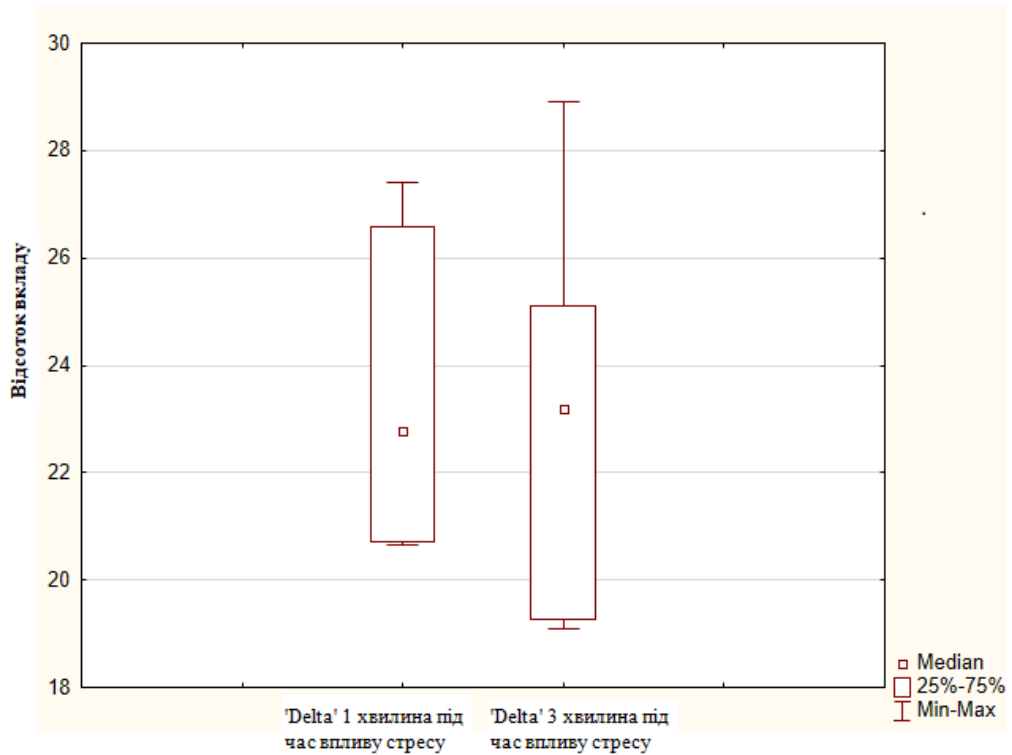


Рис. 4.22 Результати, зареєстровані під час експозиції до стресового фактору на 1 та 3 хвилинах експерименту для правої півкулі – восьма порівняльна група

При розгляді Рис. 4.21 (приведено порівняльну групу №7, для якої різниця між середніми значеннями рівня вкладу дельта-ритму для тестових груп складає 0,32 відсоткових пункти) та Рис. 4.22 (приведено порівняльну групу №8, для якої різниця між середніми значеннями рівня вкладу дельта-ритму для тестових груп складає 0,66 відсоткових пунктів) було визначено, що при суперпозиції впливу стресового фактору та низькочастотного акустичного сигналу рівень напруженості не зазнав значних змін, а респонденти постійно перебували у стані напруження[13].

4.4 Аналіз можливості використання вибірок малого розміру для дослідження результатів використання електроенцефалограм

4.4.1 Об'єкт дослідження

У даному підрозділі приведено метод вибору мінімального необхідного обсягу вибірки для дослідження відносних змін рівнів α -, β -, θ - та δ -ритмів внаслідок впливу суперпозиції зовнішніх факторів (музична терапія та тривалий зростаючий рівень стресу). Зазначений метод включає способи оцінки клінічно значущої різниці між середніми значеннями у групах для різних мозкових хвиль.

4.4.2 Опис пропонованого методу

Даний підрозділ приводить новий метод перед-експериментального визначення розміру вибірки для визначення відносного рівня вкладу ритмів мозку до, під час та після дослідження їх поведінки під впливом суперпозиції зовнішніх факторів (музичної терапії та дії стресу) для ситуацій, коли мозок піддавався та не піддавався експозиції.

Підрозділ демонструє застосування статистичної формули [80] у визначенні мінімального допустимого розміру вибірки під час дослідження із застосуванням ЕЕГ впливу на мозок суперпозиції двох неврологічно активних факторів – направленої впливу музичного сигналу із заданими характеристиками та пролонгованої дії стресу для дослідження δ -ритму та визначення значення клінічно значимої розбіжності між груповими середніми значеннями, яка визначить мінімального розміру тестової вибірки.

4.4.3 Пропонована методологія обробки результатів дослідження

Методологія проведення дослідження залишилася тією ж самою, що і у попередньому підрозділі.

Мінімально допустимий розмір вибірки визначався по формулі [80]:

$$N = \frac{2 \cdot (Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2}{\left(\frac{d}{sd}\right)^2}, \quad (4.8)$$

де N – об'єм вибірки, що розраховується, $Z_{\alpha/2}$ та Z_{β} – значення нормального розподілу при імовірностях $\alpha/2$ і β відповідно, d – клінічно значуща різниця групових середніх значень, SD – середньоквадратичне відхилення.

Також менш часозатратною є практика використання таблиці, що наведено у роботі [80] для визначених значень d/SD . У даній дисертації дану було розширено – був виконаний розрахунок об'єму вибірки для співвідношень d/SD до 3 включно, що наведено у табл. 4.3. Цей розрахунок спростить та пришвидшить проведення наступних подібних обрахунків результатів експериментів, однак необхідно додатково наголосити, що він придатний для використання лише при значних значеннях d/SD , і тому має використовуватись обережно.

Табл. 4.3. Приклад розрахункової таблиці обсягів вибірки, необхідних для перевірки статистичної достовірності відмінності двох середніх на рівні значущості 0,05 і при потужності критерію 0,80 для різних значень

| d/SD | Розрахований об'єм вибірки для однієї групи | Реальний об'єм вибірки для однієї групи (N) | Загальний об'єм вибірок для двох груп (без врахування вибуття) |
|------|---|---|--|
| 1,5 | 6,96 | 7 | 14 |
| 1,6 | 6,13 | 7 | 14 |
| 1,7 | 5,43 | 6 | 12 |
| 1,8 | 4,84 | 5 | 10 |
| 1,9 | 4,34 | 5 | 10 |
| 2 | 3,92 | 4 | 8 |
| 2,1 | 3,56 | 4 | 8 |
| 2,2 | 3,24 | 4 | 8 |
| 2,3 | 2,96 | 3 | 6 |
| 2,4 | 2,72 | 3 | 6 |
| 2,5 | 2,51 | 3 | 6 |
| 2,6 | 2,32 | 3 | 6 |
| 2,7 | 2,15 | 3 | 6 |
| 2,8 | 2 | 2 | 4 |
| 2,9 | 1,86 | 2 | 4 |
| 3 | 1,74 | 2 | 4 |

Статистичний аналіз результатів було наведено у попередньому підрозділі та представлено у табл. 4.2.

4.4.4 Аналіз отриманих результатів використання пропонованого методу

Після формування групи були отримані середні значення для кожної вихідної групи та (як частина подальшого статистичного аналізу) оцінені

відмінності у групах порівняння. Усі отримані результати представлені в табл. 4.4. В цій таблиці приведені різниці для усіх порівняльних груп усіх ритмів.

Для дослідження встановимо стандартні значення рівня умови значущості (0,05) та потужності критерію (0,80).

Тоді $Z_{\alpha/2} + Z_{\beta} = 1,96 + 0,84 = 2,8$. Далі визначимо значення чисельника для формули (4) рівним 15,68 [80].

Клінічно значуща різниця між середніми значеннями групи оцінюється наступним чином - усі отримані відмінності у порівняльних групах групуються та розраховується стандартне відхилення для обраної групи. У заданих групах результат був отриманий рівним 5,56 відсоткам. Тоді ми приймаємо розмір ефекту як менше або дорівнює обчисленому значенню. Щодо представлених даних, ми вважаємо, що розмір ефекту дорівнює 5% для всіх порівняльних груп.

Після проведення додаткових обчислень відповідно для тета ритму розмір ефекту приймаємо рівним 2,5 відсоткам, альфа – 3 відсоткам та бета – 0,4 відсоткам.

Табл. 4.4. Отримані групові результати

| Номер порівняльної групи | Тестові результати різних ритмів, різниця вкладів, % | | | |
|--------------------------|--|-------|-------|-------|
| | Дельта | Тета | Альфа | Бета |
| 1 | 7,11 | -5,72 | -1,25 | -0,14 |
| 2 | 9,24 | -6,15 | -3,20 | 0,11 |
| 3 | 10,41 | -4,78 | -5,11 | -0,51 |
| 4 | 10,80 | -4,77 | -5,09 | -0,94 |
| 5 | -2,97 | -0,08 | 3,74 | -0,69 |
| 6 | -2,22 | -0,75 | 2,97 | 0,003 |
| 7 | 0,32 | 0,86 | -0,13 | -1,06 |
| 8 | -0,66 | 0,63 | 1,08 | -1,05 |

Стандартне відхилення SD для порівняльних груп та співвідношення $\frac{d}{SD}$ для дельта ритму окремо показані у роботі [6]. В той час у табл. 4.5 показані результати подібних досліджень для усієї сукупності ритмів ЕЕГ. Відповідно до [6] ми визначаємо N для дельта ритму рівним 7 – або 14 для обох груп - що відповідає отриманим результатам. Також із цієї ж роботи [6] можна побачити, що існують можливості встановлення мінімальних розмірів вибірки навіть нижче цієї кількості.

Табл. 4.5. Результати використання методу для сукупності ритмів ЕЕГ

| Номер порівняльної групи | Результати дослідження | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------|------|-------|------|---------------------|------|-------|------|
| | Стандартне відхилення | | | | d/SD співвідношення | | | |
| | Дельта | Тета | Альфа | Бета | Дельта | Тета | Альфа | Бета |
| 1 | 3,03 | 3,1 | 4,65 | 6,72 | 1,65 | 0,81 | 0,65 | 0,06 |
| 2 | 2,64 | 3,43 | 3,73 | 6,84 | 1,89 | 0,73 | 0,8 | 0,06 |
| 3 | 2,2 | 3,25 | 4,25 | 5,07 | 2,28 | 0,77 | 0,71 | 0,08 |
| 4 | 2,43 | 3,37 | 3,47 | 5,46 | 2,06 | 0,74 | 0,87 | 0,07 |
| 5 | 2,36 | 4,18 | 4,57 | 6,62 | 2,12 | 0,6 | 0,66 | 0,06 |
| 6 | 2,16 | 4,55 | 3,97 | 6,86 | 2,31 | 0,55 | 0,76 | 0,06 |
| 7 | 2,9 | 1,65 | 4,33 | 5,21 | 1,72 | 1,52 | 0,69 | 0,08 |
| 8 | 2,87 | 1,57 | 3,2 | 5,43 | 1,74 | 1,59 | 0,94 | 0,07 |

Важливо зазначити, також той факт, що метод вибору результатів був змінений із того, що використовує лише наявні результати [51] на гібрид стратифікаційного та квотного методів [80], [81].

Користуючись матеріалом роботи [80] можна визначити необхідні розміри вибірок для решти ритмів – що складає 52 результати в одній вибірці для тета-ритму, 38 результатів в одній вибірці для альфа ритму та 4618 результатів для бета-ритму. Отриманий результат вказує на те, що із зменшенням вираженості зміни росте кількість необхідних результатів для отримання точного статистичного висновку.

4.5 Опис нових пропонованих методів проведення дослідження

4.5.1 Алгоритм обробки результатів дослідження впливу застосування музичної терапії на ЕЕГ

Використовуючи усі вищенаведені дані, був сформований наступний алгоритм обробки результатів дослідження:

1. Реєстрація електроенцефалограми.
2. Видалення артефактів із запису.
3. Формування статистичної бази значень відсоткового вкладу рівнів різних електроенцефалограми у сумарну потужність запису.
4. Формування необхідної бази результатів експериментів.
5. Формування необхідних тестових груп.
6. Визначення нормальності розподілу результатів у тестових групах – виконується трьома способами, при цьому нормальність вважається присутньою, якщо пройдено мінімум 2 тести з 4 (графічний спосіб, критерій нормальності Колмогорова, Ліллієфорса та тест Шапіро-Уїлка).
7. Визначення клінічно значимої різниці між результатами у тестових групах.
8. Визначення мінімально допустимого розміру вибірок i , за необхідності, корекція отриманих результатів.
9. Вибір необхідних методів статистичного аналізу (необхідно враховувати як відповідність розподілу результатів у тестових групах нормальному законові розподілу та взаємозв'язок груп між собою – при нормальності розподілу використовувати t -критерій Стьюдента для пов'язаних та не пов'язаних вибірок; при ненормальності використовувати критерій Уїлкоксона для пов'язаних вибірок та U -критерій Манна-Уїтні для пов'язаних).
10. Проведення статистичного аналізу.

Цей алгоритм дозволяє проводити аналіз отриманих результатів, при цьому існує можливість зміни досліджуваного акустичного сигналу. Однак бажано також відповідно до приведених у роботі результатів проводити попередній розрахунок як необхідної клінічно значимої різниці у майбутніх тестових групах, так і мінімально допустимого їх розміру. Це дозволить уникнути неоднозначності у трактуванні отриманих результатів.

4.5.2 Вимоги до процедури проведення комплексної психонаправленої акустичної терапії.

Після проведення дослідження отриманих результатів був сформований ряд вимог до проведення комплексної психонаправленої акустичної терапії. Ці вимоги поділяються на декілька розділів, що стосуються як самої процедури, так і тих, хто її проходить.

У зв'язку з описаним раніше впливом стресового фактору до особи, що проходить тест висувається вимога уникати можливого стресу. Як показали отримані результати, джерело такого стресу може бути неявним навіть для особи, що йому піддається. Тому для отримання найкращих результатів потрібно уникати будь яких-джерел стресу – навчального, робочого, від перегляду новин.

Особа, що проводить тестування також має встановити наявність у того, хто проходить тестування, певних психоемоційних тригерів, що можуть викликати різкий скачок рівня стресу, з метою їх уникнення.

Також необхідно зазначити потребу у пролонгації експозиції особи, що проходить тестування, до впливу акустичного сигналу. З цією метою було розроблено музичний фрагмент, який має у 5 раз подовжений період експозиції до сигналу, та презентує лише низькочастотний сигнал. Його спектральна характеристика приведена на рис. 4.23.

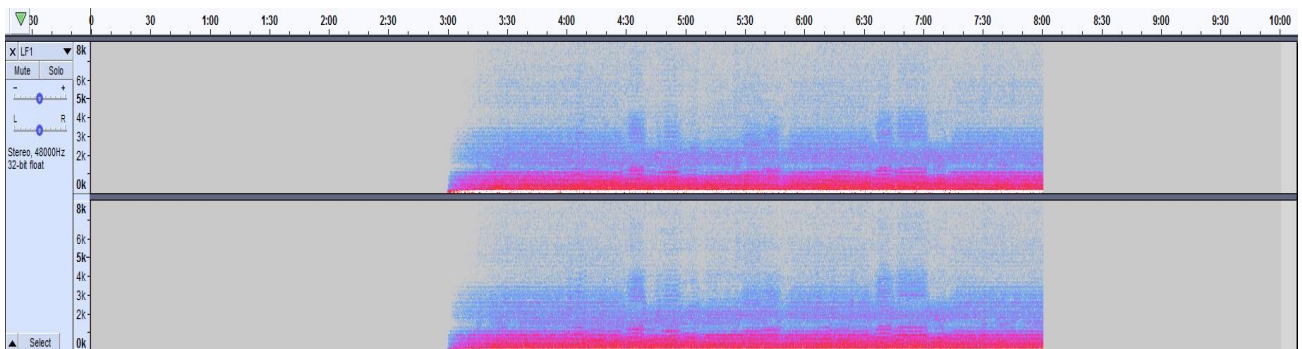


Рис. 4.23 Пропонований акустичний сигнал, спектральна характеристика.

4.6. Висновки

Грунтуючись на отриманих результатах можна зробити висновок, що методика застосування музичної терапії сприяє відновленню роботи мозку в фізіологічних умовах на етапах функціональних перевантажень. Співставлення суб'єктивних відчуттів учасників дослідження зі зміною показників активності головного мозку підтверджує наявність позитивної динаміки при прослуховуванні низькочастотних музичних творів.

Було встановлено, що за відсутності впливу на респондентів експерименту стресових факторів (у форматі даної дисертації – навчальні навантаження), експозиція до низькочастотних акустичних сигналів викликає падіння рівня відсоткового вкладу дельта-хвиль у сумарну потужність ЕЕГ для обох півкуль відносно його рівня до початку експозиції до низькочастотного сигналу. Проведений статистичний аналіз вказав на присутність СЗР між початковими та кінцевими результатами досліджень.

Коли відбувається експозиція до непрямого впливу пролонгованого стресового фактору спостерігається значне зростання дельта-ритму у обох півкулях як до, так і після експозиції до низькочастотного акустичного фрагменту, що вказує на ріст рівня напруженості респонденту. Проведений статистичний аналіз також показав наявність СЗР між у порівняльних групах.

Відомо, що зростання рівня відсоткового вкладу дельта-хвиль у сумарну потужність ЕЕГ є патологічним для людини, яка є бадьорою. Тому можна сказати, що експозиція людини до впливу пролонгованого стресового фактору змінює результати дослідження акустичного впливу на психоемоційний стан людини. Дана зміна виникає навіть під час експозиції до дії низькочастотного музичного сигналу, при чому вона нівелює дію власне музичної терапії.

Тобто керуючись усім вищеназваним та із оглядом на характер впливу пролонгованого у часі стресового фактору, а саме впливу стресу під час підвищеного навчального навантаження, на поведінку дельта-ритму на записі

ЕЕГ та характер виникнення самого впливу, а зокрема той факт, що він виникає під час пролонгованою напруженої розумової роботи, яка може заважати нормальному ритмові життя (руйнувати режим сну, впливати на режим прийому їжі та ін.) та спрямована на отримання певного чітко визначеного результату або виконання чітко окресленої цілі) під час проведення музичної терапії або наступних подібних досліджень необхідно уникати експозиції до дії таких стресових факторів[13].

Отримані результати дослідження можливості використання вибірок малого розміру наступні - з одного боку, метод вибору мінімального прохідного розміру вибірки для дослідження відносних змін δ -ритму внаслідок впливу суперпозиції зовнішніх факторів (музична терапія та тривалий зростаючий рівень стресу в дослідженні) був розроблений та перевірений, з іншого боку був розроблений спосіб оцінки клінічно значущої різниці між середніми показниками групи для δ -ритму.

Відносно оцінки методу обсягу мінімального об'єму вибірки можна вказати наступне:

1. Можна використовувати малочисельні (менше десяти експериментів у кожному - і сім у нашому випадку) тестові групи для дослідження відносних змін δ -ритму внаслідок впливу суперпозиції зовнішніх факторів (музична терапія та тривалий термін зростання рівня стресу в навчанні). Хоча важливо підкреслити, що рекомендується помірність у відборі проб - краще мати 3 групи з 7 результатами тесту, ніж 8-13-2 [51] поділ груп результатів (хоча це не завжди можливо завдяки методу формування вибірки із наявних результатів [81] у розглянутій роботі).

2. Використовуючи подібність між природою α -, β -, θ - та δ -ритмів можна сказати, що метод можна застосовувати для них усіх.

3. Мінімальний допустимий розмір вибірки може змінюватись в залежності від прийнятої клінічно значимої різниці.

Для методу визначення клінічно значимої різниці можна зазначити наступне:

1. Із ростом різниці між середніми значеннями складових порівняльних груп падає мінімально необхідний об'єм вибірки для збереження наявності клінічно значимої різниці між тестовими групами.
2. Клінічно значиму різницю можна коригувати використовуючи різні методи обчислення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У виконаній дисертаційній роботі приведені результати імплементації нового критерію нормалізації отриманих результатів дослідження стану слухового каналу біологічного об'єкту, коефіцієнту оцінки якості проведення тесту слуху об'єктивними та суб'єктивними методами та використання електроенцефалограм для оцінки направлено психофізичного впливу на стан людини під час проведення музичної терапії. Було проведено огляд актуальних результатів досліджень як використання отоакустичної емісії для контролю стану слуху, так і досвіду використання музичної терапії, проведено як порівняльний, так і статистичний аналіз застосування пропонованих критеріїв та коефіцієнтів, оцінено використання акустичних сигналів різної форми та запропоновано як нові методи оцінки результатів експозиції до акустичного сигналу, так і нову форму акустичного сигналу та розроблені алгоритми проведення аналізу отриманих результатів представлених дослідів та нові вимоги до їх проведення, що зробило можливим отримання наступних результатів:

1. Проведено огляд сучасних результатів застосування отоакустичної емісії для оцінки стану слуху біологічного об'єкту, що дало змогу уточнити використовувані методи аналізу та сучасних результатів використання електроенцефалограм для оцінки направлено психофізичного впливу на стан людини під час проведення музичної терапії, що дало змогу підготувати нову для кафедри серію експериментів та знайти зв'язок між психофізичним станом людини та станом її слухового органу.

2. Було отримано коефіцієнт для оцінки якості проведення тесту слуху об'єктивними та суб'єктивними методами – це дає змогу провести необхідну швидку оцінку точності, із якою було проведено контроль стану слухового каналу у випадку виявлення розбіжностей у отриманих результатах.

3. За результатами виконаного дослідження було оцінено новий перспективний критерій для нормалізації отриманих результатів дослідження

стану слуху біологічного об'єкту за допомогою отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення і було застосовано даний критерій для нормалізації результатів дослідження стану слуху морських свинок, що виявило внесення значних змін у вибірки досліджуваних даних при його застосуванні, на базі чого було проведено порівняльний аналіз результатів застосування критерію як для одиничних результатів, так і для їх груп, що дозволило оцінити вплив використання критерію на результати подальшої обробки отриманих у експериментах даних.

4. Під час виконання дисертації було оцінено направлений акустичний вплив на людей, що знаходяться під пролонгованою дією негативних психоемоційних факторів. Було показані результати одночасного комбінованого (терапевтичного та травмуючого) впливу психоемоційних факторів на біологічний об'єкт у потужнісному діапазонах, що дало змогу побачити необхідність уникання дії стресових факторів на особу, що проходить музичну терапію через те, що стрес може нівелювати корисний вплив на її стан та визначено можливість використання дельта-ритму електроенцефалограми як маркера стресового впливу на біологічний об'єкт, що дало змогу пришвидшити аналіз отриманої ЕЕГ та зменшити навантаження на висококваліфікований персонал.

5. Обґрунтовано можливість застосування вибірок малого розміру для оцінки змін у електроенцефалограмі, викликаних суперпозицією діючих психоактивних факторів. Це дало змогу уникати неоднозначних трактувань у оцінці отриманих результатів, оскільки відпадають підстави для критики статистичних результатів через малу кількість елементів у досліджуваних вибірках при умові збереження клінічно значимої різниці.

6. Сформульовано комплекс вимог до процедури проведення комплексної психонаправленої акустичної терапії в умовах впливу стресового фактору, що є підґрунтям для майбутніх експериментів.

Загалом отримані результати дають змогу адаптувати методи скринінгу стану слуху біологічного об'єкту відповідно до умов сучасності, а саме пришвидшити та спростити аналіз дослідження слуху шляхом використання отоакустичної емісії, не змінюючи процедуру отримання експериментальних даних. Також вказане спрощення дасть змогу частково розвантажити лікарський персонал, передоручивши обробку даних середньому медичному складові. Вказані наслідки повинні значно спростити проведення аудіологічного скринінгу населення, що особливо актуально у умовах епідемії хвороби, одним із наслідків якої є втрата слуху.

Нормальна робота слухового органу біологічного об'єкту є ключовою вимогою до застосування до зазначеного об'єкту музичної терапії. У представленій роботі було вдосконалено процедуру проведення зазначеної терапії, вивчено можливість застосування вибірок малого розміру для оцінки її результатів. Наслідком розширення використання музичної терапії у вигляді вдосконаленої процедури може бути зниження кількості випадків втрати слуху, що викликані негативним емоційним впливом на слухову систему.

Список використаних джерел

- [1] F. S. Koumpa, C. T. Forde, i J. G. Manjaly, «Sudden irreversible hearing loss post COVID-19», *BMJ Case Reports CP*, vol 13, no 11, 2020, doi: 10.1136/bcr-2020-238419.
- [2] S. Aalbers *et al.*, «Music therapy for depression.», *Cochrane database Syst. Rev.*, vol 11, no 11, p CD004517, Лис 2017, doi: 10.1002/14651858.CD004517.pub3.
- [3] M. Geretsegger, K. A. Mössler, Ł. Bieleninik, X.-J. Chen, T. O. Heldal, i C. Gold, «Music therapy for people with schizophrenia and schizophrenia-like disorders.», *Cochrane database Syst. Rev.*, vol 5, no 5, p CD004025, Трав 2017, doi: 10.1002/14651858.CD004025.pub4.
- [4] C. Dileo, J. Bradt, P. Lehrer, i R. Woolfolk, «Principles and Practice of Stress Management». Guilford New York, 2007.
- [5] Д. В. Паренюк, Г. Е. Тімен, К. Л. Руденька, і С. А. Найда, «Дослідження можливості застосування отоакустичної емісії для реєстрації медикаментозного впливу на слуховий канал морських свинок», *Мікросистеми, Електроніка та Акустика*, vol 105, no 4, pp 74–82, 2018, doi: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.2018.23.4.134457>.
- [6] D. Pareniuk, «Method of evaluation of the minimal sample size for acoustical signal therapy monitored via electroencephalographic activity of human brain», *ScienceRise*, no 2, pp 75–82, 2021, doi: 10.21303/2313-8416.2021.001736.
- [7] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, Г. Е. Тімен, і К. Л. Руденька, «Отоакустична емісія як діагностичний метод при експериментальній сенсоневральній приглуховатості», *Журнал вушних, носових і горлових хвороб*, no 5, pp 13–20, 2017, [Online]. Available at: http://www.lorlife.kiev.ua/2017/2017_5_13.pdf.

- [8] D. V. Pareniuk i S. A. Naida, «The Study of the Possibility of Usage of the Sokolov's Criteria for Assessing the Results of Directed Influence on the Auditory System of a Biological Object», *Microsystems, Electron. Acoust.*, vol 24, no 3, pp 72–78, Чер 2019, doi: 10.20535/2523-4455.2019.24.3.169848.
- [9] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, В. С. Дідковський, і М. С. Найда, «Слуховий апарат», UA135195, 2018.
- [10] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, В. С. Дідковський, і М. С. Найда, «Спосіб діагностики слуху людини», UA135195, 2019.
- [11] Д. В. Паренюк і С. А. Найда, «Проблеми комунікації у скринінгу слуху новонароджених», в *Матеріали XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Дні Науки»*, 2018, р 2.
- [12] Д. В. Паренюк, Г. Е. Тімен, К. Л. Руденька, і С. А. Найда, «Використання отоакустичної емісії для оцінки діагностики терапевтичної дії трофіну при експериментальній сенсоневральній приглухуватості», в *Спеціальний випуск “Журнал вушних, носових і горлових хвороб” присвячено роботі Щорічної традиційної осінньої конференції Українського наукового медичного товариства лікарів-оториноларингологів з міжнародною участю “Досягнення сучасної оториноларингології*, 2017, р 2.
- [13] Д. В. Паренюк, А. В. Паренюк, К. С. Дрозденко, і С. А. Найда, «Дослідження сукупного впливу стресового фактору та музичного сигналу на психофізичний стан людини», *Мікросистеми, Електроніка та Акустика*, vol 1, no 26, р 9, 2021, doi: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.228179>.
- [14] P. Chirakkal, A. N. Al Hail, N. Zada, i D. S. Vijayakumar, «COVID-19 and Tinnitus», *Ear. Nose. Throat J.*, vol 100, no 2_suppl, pp 160S-162S, Квіт 2021, doi: 10.1177/0145561320974849.

- [15] J. E. Sorrel, C. Spankovich, C. E. Bishop, D. Su, K. Valle, i J. M. Schweinfurth, «Stroke risk in African Americans with subclinical auditory dysfunction evidenced by Distortion Product Otoacoustic Emissions: the Jackson heart study», *Int. J. Audiol.*, vol 59, no 10, pp 737–744, Жов 2020, doi: 10.1080/14992027.2020.1745304.
- [16] C. A. Brooks *et al.*, «Distortion product otoacoustic mapping measured pre- and post-loud sound exposures», *Int. J. Audiol.*, pp 1–10, Чер 2021, doi: 10.1080/14992027.2021.1928303.
- [17] R. Sisto *et al.*, «Distortion product otoacoustic emission sensitivity to different solvents in a population of industrial painters», *Int. J. Audiol.*, vol 59, no 6, pp 443–454, Чер 2020, doi: 10.1080/14992027.2019.1710776.
- [18] L. Leysens *et al.*, «The Ototoxic Potential of Cobalt From Metal-on-Metal Hip Implants: Objective Auditory and Vestibular Outcome.», *Ear Hear.*, vol 41, no 1, pp 217–230, 2020, doi: 10.1097/AUD.0000000000000747.
- [19] K. Babich i K. T. Dunckley, «Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss: Should Otoacoustic Emissions Be Added to the Monitoring Protocol? A Systematic Review», *Applied Sciences* , vol 10, no 1. 2020, doi: 10.3390/app10010326.
- [20] L. Petersen, W. J. Wilson, i H. Kathard, «Towards the preferred stimulus parameters for distortion product otoacoustic emissions in adults: A preliminary study.», *South African J. Commun. Disord. = Die Suid-Afrikaanse Tydskr. vir Kommunik.*, vol 65, no 1, pp e1–e10, Лип 2018, doi: 10.4102/sajcd.v65i1.585.
- [21] Y. Liu, R. Xu, i Q. Gong, «Maximising the ability of stimulus-frequency otoacoustic emissions to predict hearing status and thresholds using machine-learning models», *Int. J. Audiol.*, vol 60, no 4, pp 263–273, Квіт 2021, doi: 10.1080/14992027.2020.1821252.

- [22] K. A. Nazarova, «Impact assessment subjective perception of music the functional state of human», *Akmeologiya*, vol 2, no 46, pp 69–72, 2013, [Online]. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18970418>.
- [23] H. Fukui i K. Toyoshima, «Music facilitate the neurogenesis, regeneration and repair of neurons.», *Med. Hypotheses*, vol 71, no 5, pp 765–769, Лис 2008, doi: 10.1016/j.mehy.2008.06.019.
- [24] К. М.А. і С. Л.В., «Спектральные характеристики биоэлектрической активности мозга студентов при прослушивании аудиостимулов различного компонентно-структурного состава», *Экология человека*, no 3, pp 34–42, 2014, doi: DOI: 10.33396/1728-0869-2014-3-34-42.
- [25] N. Jaušovec, K. Jaušovec, i I. Gerlič, «The influence of Mozart’s music on brain activity in the process of learning.», *Clinical Neurophysiology*, vol 117, no 12. Elsevier Science, Jaušovec, Norbert: Department of Education, Univerza v Mariboru, Pedagoska Fakulteta, Koroska 160, Maribor, Slovenia, 2000, norbert.jausovec@uni-mb.si, pp 2703–2714, 2006, doi: 10.1016/j.clinph.2006.08.010.
- [26] L. A. Kireeva, V. N. YAKovlev, i E. V. Dorohov, «Vliyanie proslushivaniya muzyki Mocarta i rok-muzyki na umstvennuyu rabotosposobnost’ u studentov s razlichnymi tipami vysshej nervnoj deyatel’nosti [The influence of listening to music by Mozart and rock music on mental performance in students with diffe», *Prikl. Inf. aspekty Med.*, vol 18, no 1, pp 102–105, 2015, [Online]. Available at: <https://new.vestnik-surgery.com/index.php/2070-9277/article/view/1750/1748>.
- [27] D. Liashko i S. A. Najda, «Дослідження спектрів складних аудіо-сигналів та методика музичної терапії», *Електронна та Акустична Інженерія*, vol 2, no 2, pp 58–62, 2019, [Online]. Available at: <https://doi.org/10.20535/2617-0965.2019.2.2.163388>.

- [28] N. O. Savelieva-Kulyk, *Muzychna Terapiia V Intehratyvni Medytsyni Navch. Posib. Dlia Likariv-Slkhachiv Zakladiv (Fakultetiv) Pisliadyplomnoi Osvity [Music therapy in integrative medicine: textbook. way. for doctors-students of institutions (faculties) of postgraduate educatio*. Kyiv: Interservic, 2014.
- [29] D. Kučikienė i R. Praninskienė, «The impact of music on the bioelectrical oscillations of the brain.», *Acta medica Litu.*, vol 25, no 2, pp 101–106, 2018, doi: 10.6001/actamedica.v25i2.3763.
- [30] E. I. Leer i S. O. Zvereva, «Osobennosti vliyaniya muzyki raznyh napravlenij na fiziologicheskie harakteristiki aktivnosti serdca yunoshej i devushek 14–16 let [Features of the influence of music of different directions on the physiological characteristics of the heart activity of bo», *Molodoj uchenyj*, no 1, pp 310–318, 2013, [Online]. Available at: <https://moluch.ru/archive/48/6120/>.
- [31] M. G. Gallego i J. G. García, «Music therapy and Alzheimer’s disease: Cognitive, psychological, and behavioural effects», *Neurología*, vol 32, no 5, pp 300–308, 2017, doi: 10.1016/j.nrl.2015.12.003.
- [32] C. Gold, M. Voracek, i T. Wigram, «Effects of music therapy for children and adolescents with psychopathology: a meta-analysis», *J. Child Psychol. Psychiatry*, vol 45, no 6, pp 1054–1063, 2004.
- [33] Rahman, Karwowski, i Hancoc, «Neuroergonomics Applications of Electroencephalography in Physical Activities: A Systematic Review», *Front. Hum. Neurosci.*, vol 13, p 21, 2019, doi: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00182>.
- [34] N. Ernst i L. da Silva Fernando, *Electroencephalography : basic principles, clinical applications, and related*. LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, 2005.
- [35] A. O. Cherninskyi, S. A. Kryzhanovskyi, i I. H. Zyma, *Elektrofiziolohiia*

holovnoho mozku liudyny: metodychni rekomendatsii do praktykumu
[Electrophysiology of the human brain: guidelines for the practical work].
 Київ: В. С. Мартинюк, 2011.

- [36] T. Harmony, «The functional significance of delta oscillations in cognitive processing», *Front. Integr. Neurosci.*, vol 7, p 83, Груд 2013, doi: 10.3389/fnint.2013.00083.
- [37] S. Jaime *et al.*, «Delta Rhythm Orchestrates the Neural Activity Underlying the Resting State BOLD Signal via Phase-amplitude Coupling», *Cereb. Cortex*, vol 29, no 1, pp 119–133, Січ 2019, doi: 10.1093/cercor/bhx310.
- [38] R. N. S. Sachdev, N. Gaspard, J. L. Gerrard, L. J. Hirsch, D. D. Spencer, i H. P. Zaveri, «Delta rhythm in wakefulness: evidence from intracranial recordings in human beings», *J. Neurophysiol.*, vol 114, no 2, pp 1248–1254, Сер 2015, doi: 10.1152/jn.00249.2015.
- [39] Y. V. Shcherbatyh, *Psihologiya stressa i metody korrekcii [Psychology of stress and methods of correction]*. SpB: Piter, 2006.
- [40] H. M. Dubchak, «Osoblyvosti proiaviv stresovykh staniv suchasnykh studentiv zakladiv vyshchoi ta profesiinnoi osvity [Features of manifestations of stressful conditions of modern students of higher and professional education Features of manifestations of stressful conditi]», *Psykhologhiia osobystosti*, vol 10, no 1, pp 74–80, 2019, doi: 10.15330/ps.10.1.74-80.
- [41] V. M. Bohush, «Osoblyvosti proiavu ekzamenatsiinoho stresu u studentiv DVNZ [Features of the manifestation of examination stress in students of higher educational institutions]», *Molodyi vchenyi*, vol 9, no 1, pp 1–4, 2017, [Online]. Available at: <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2017/9.1/1.pdf>.
- [42] C. M. Bann *et al.*, «Psychometric properties of stress and anxiety measures among nulliparous women», *J. Psychosom. Obstet. \& Gynecol.*, vol 38, no 1,

- pp 53–62, 2017, doi: 10.1080/0167482X.2016.1252910.
- [43] S. M. U. Saeed, S. M. Anwar, H. Khalid, M. Majid, i A. U. Bagci, «EEG based Classification of Long-term Stress Using Psychological Labeling.», *Sensors (Basel)*., vol 20, no 7, Бep 2020, doi: 10.3390/s20071886.
- [44] A. Arsalan, M. Majid, S. M. Anwar, i U. Bagci, «Classification of Perceived Human Stress using Physiological Signals», в *2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2019, pp 1247–1250, doi: 10.1109/EMBC.2019.8856377.
- [45] A. Asif, M. Majid, i S. M. Anwar, «Human stress classification using EEG signals in response to music tracks.», *Comput. Biol. Med.*, vol 107, pp 182–196, КВit 2019, doi: 10.1016/j.compbimed.2019.02.015.
- [46] S. Chaudhuri, «THE EFFECTS OF MUSIC ON STRESS», *Int. J. Adv. Res. INENGINEERING Technol.*, vol 9, no 2, pp 524–538, 2021, [Online]. Available at: <https://doi.org/10.21474%2Fijar01%2F12478>.
- [47] S. Paszkiel, P. Dobrakowski, i A. Lysiak, «The Impact of Different Sounds on Stress Level in the Context of EEG, Cardiac Measures and Subjective Stress Level: A Pilot Study», *Brain Sci.*, vol 10, p 1bo+, Тpав 2020.
- [48] M. Dadashi, B. Birashk, F. Taremian, A. A. Asgarnejad, i S. Momtazi, «Effects of Increase in Amplitude of Occipital Alpha & Theta Brain Waves on Global Functioning Level of Patients with GAD.», *Basic Clin. Neurosci.*, vol 6, no 1, pp 14–20, Сiч 2015.
- [49] E. Derya Übeyli, «Statistics over features: EEG signals analysis», *Comput. Biol. Med.*, vol 39, no 8, pp 733–741, 2009, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2009.06.001>.
- [50] M. Bullock, G. D. Jackson, i D. F. Abbott, «Artifact Reduction in Simultaneous

- EEG-fMRI: A Systematic Review of Methods and Contemporary Usage.», *Frontiers in neurology*, vol 12. p 622719, 2021, doi: 10.3389/fneur.2021.622719.
- [51] H. Yoshinaga *et al.*, «EEG in childhood absence epilepsy», *Seizure*, vol 13, no 5, pp 296–302, 2004, doi: [https://doi.org/10.1016/S1059-1311\(03\)00196-1](https://doi.org/10.1016/S1059-1311(03)00196-1).
- [52] V. Indira, R. Rasanthakumari, i V. Sugumaran, «SAMPLE SIZE DETERMINATION FOR CLASSIFICATION OF EEG SIGNALS USING POWER ANALYSIS IN MACHINE LEARNING APPROACH», *Int. J. Adv. Res. INENGINEERING Technol.*, vol 3, no 1, pp 1–9, 2012.
- [53] D. Hwang, W. Schmitt, G. Stephanopoulos, i G. Stephanopoulos, «Determination of Minimum Sample Size and Discriminatory Expression Patterns», *Bioinformatics*, vol 18, pp 1184–1193, 2002, doi: 10.1093/bioinformatics/18.9.1184.
- [54] wei-ming Luh, S. F. Olejnik, i J.-H. Guo, «Sample Size Determination for One- and Two-Sample Trimmed Mean Tests», *J. Exp. Educ. - J EXP EDUC*, vol 77, pp 167–184, 2008, doi: 10.3200/JEXE.77.2.167-184.
- [55] C. C. Serdar, M. Cihan, D. Yücel, i M. A. Serdar, «Sample size, power and effect size revisited: simplified and practical approaches in pre-clinical, clinical and laboratory studies.», *Biochem. medica*, vol 31, no 1, p 10502, Лют 2021, doi: 10.11613/BM.2021.010502.
- [56] С. С. Гельфанд, *Введение в психологическую и физиологическую акустику*, Медицина. Москва, 1984.
- [57] P. Sulewski, «Modified Lilliefors goodness-of-fit test for normality», *Commun. Stat. - Simul. Comput.*, pp 1–21, Вep 2019, doi: 10.1080/03610918.2019.1664580.

- [58] A. Nabou, M. D. Laanaoui, M. Ouzzif, i M. houssaini, *Shapiro-Wilk Test to Detect The Routing Attacks In MANET*. 2021.
- [59] N. Mohd Razali i B. Yap, «Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests», *J. Stat. Model. Anal.*, vol 2, Січ 2011.
- [60] A. N. Narkevich, K. A. Vinogradov, i A. M. Grzhibovskij, «Mnozhestvennye sravnenija v biomedicinskih issledovanijah: problema i sposoby reshenija [Multiple Comparisons in Biomedical Research: Problem and Solutions]», *Экология человека*, no 10, pp 55–64, 2020, doi: DOI: 10.33396/1728-0869-2020-10-55-64.
- [61] J. Bird, *Mathematics Pocket Book for Engineers and Scientists*, 5th ed. London: Routledge, 2019.
- [62] D. T. Kemp, «Otoacoustic emissions, their origin in cochlear function, and use», *Br. Med. Bull.*, vol 63, no 1, pp 223–241, 2002, doi: 10.1093/bmb/63.1.223.
- [63] Я. А. Альтман і Г. А. Таварткиладзе, *Руководство по аудиологии*. Москва: ДМК-Пресс, 2003.
- [64] R. B. A. Saremi, M. Dietz, G. Ashida, J. Kretzberg, i S. Verhulst, «A comparative study of seven human cochlear filter models», *J. Acoust. Soc. Am.*, vol 140, no 3, pp 1618–1634, 2016, doi: 10.1121/1.4960486.
- [65] M. D. A. Şanlı, M. D. S. Aydın, i M. D. R. Öztürk, «Microscopic guide to the middle ear anatomy in guinea pigs», *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg.*, vol 19, no 2, pp 87–94, 2009.
- [66] D. K. Lee, J. In, i S. Lee, «Standard deviation and standard error of the mean», *Korean J. Anesthesiol.*, vol 68, no 3, pp 220–223, Чер 2015, doi: 10.4097/kjae.2015.68.3.220.

- [67] Y.K.Sokolov, «Otoakusticheskaja emissija (OAE) [Otoacoustic emission (OAE)]». <https://aurora.ua/ru/sluch/diagnostika-i-sluchoprotezirovanie/otoakusticheskaja-emissija-oe.htm>.
- [68] S. Cheusheva, «Excel FORECAST and other forecasting functions with formula examples», *Excel add-ins and Outlook tools - Ablebits.com*, 2021. .
- [69] Interacoustics, «A Guide to Otoacoustic Emissions». <https://www.interacoustics.com/oe/clinical-oe>.
- [70] Student, «The Probable Error of a Mean», *Biometrika*, vol 6, no 1, pp 1–25, КВІТ 1908, doi: 10.2307/2331554.
- [71] F. Wilcoxon, «Individual comparisons by ranking methods», *Biometrics*, no 1, pp 80–83, 1945.
- [72] M. J. de Smith, *Statistical Analysis Handbook*, 3rd ed. London: Winchelsea press, 2018.
- [73] C. Brain Research, «Система 10-20», *Расположение электродов на голове*, 2021. <https://cmi.to/ээг/система-10-20/>.
- [74] A. P. Kulaichev, *Komp'yuternaya elektrofiziologiya i funkcional'naya diagnostika [Computer electrophysiology and functional diagnostics]*, 5th ed. Moskva: NIC INFRA-M, 2018.
- [75] I. V. Redka, «Suchasni pidkhody do vyiavlennia i vydalennia artefaktiv z EEH-syhnaliv. Ohliad [Modern approaches to detecting and removing artifacts from EEG signals. Overview]», *J. Clin. Informatics Telemed.*, vol 14, no 15, pp 13–34, 2019.
- [76] D. Liashko, «METHODS OF MUSIC THERAPY AND EXPERIMENTAL STUDY OF BIOELECTRICAL ACTIVITY OF STUDENTS' BRAINS WHILE LISTENING TO THE MUSICAL COMPOSITION OF THE

AUDIBLE FREQUENCY SPECTRUM», *ScienceRise*, vol 71, no 6, pp 74–80, 2020, doi: <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001561>.

- [77] J. Prasanna, M. S. P. Subathra, M. A. Mohammed, R. Damaševičius, N. J. Sairamya, i S. T. George, «Automated Epileptic Seizure Detection in Pediatric Subjects of CHB-MIT EEG Database-A Survey», *J. Pers. Med.*, vol 11, no 10, p 1028, Жов 2021, doi: 10.3390/jpm11101028.
- [78] Д. В.С., Д. М.В., і П. А.М., *Комп'ютерна обробка акустичних сигналів*. Київ: «Імекс-ЛТД», 2010.
- [79] A. S. Al-Fahoum i A. A. Al-Fraihat, «Methods of EEG signal features extraction using linear analysis in frequency and time-frequency domains», *ISRN Neurosci.*, vol 2014, p 730218, Лют 2014, doi: 10.1155/2014/730218.
- [80] G. P. Tikhova, «Planning clinical research. Question #1: How to calculate enough sample volume?», *FSBI "Karelian Res. Cent. Russ. Acad. Sci. 185910, Petrozavodsk*, vol 8, no 3, pp 57–63, 2014.
- [81] H. Taherdoost, «Sampling Methods in Research Methodology; How to Choose a Sampling Technique for Research», *Int. J. Acad. Res. Manag.*, vol 5, pp 18–27, 2016, doi: 10.2139/ssrn.3205035.

ДОДАТОК 1

Список публікацій по темі дисертаційного дослідження

- [1] Д. В. Паренюк, Г. Е. Тімен, К. Л. Руденька, і С. А. Найда, «Дослідження можливості застосування отоакустичної емісії для реєстрації медикаментозного впливу на слуховий канал морських свинок», *Мікросистеми, Електроніка та Акустика*, vol 105, no 4, pp 74–82, 2018, doi: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.2018.23.4.134457>. ISSN: 2523-4455, (фахове видання категорії Б).
- [2] D. V. Pareniuk and S. A. Naida, «The Study of the Possibility of Usage of the Sokolov’s Criteria for Assessing the Results of Directed Influence on the Auditory System of a Biological Object», *Microsystems, Electron. Acoust.*, vol 24, no 3, pp 72–78, Чер 2019, doi: 10.20535/2523-4455.2019.24.3.169848. ISSN: 2523-4455, (фахове видання категорії Б).
- [3] Д. В. Паренюк, А. В. Паренюк, К. С. Дрозденко, і С. А. Найда, «Дослідження сукупного впливу стресового фактору та музичного сигналу на психофізичний стан людини», *Мікросистеми, Електроніка та Акустика*, vol 1, no 26, p 9, 2021, doi: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.228179>. ISSN: 2523-4455, (фахове видання категорії Б).
- [4] D. Pareniuk, «Method of evaluation of the minimal sample size for acoustical signal therapy monitored via electroencephalographic activity of human brain», *ScienceRise*, no 2, pp 75–82, 2021, doi: 10.21303/2313-8416.2021.001736. ISSN 2313-8416. (Стаття у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу) - Естонія.
- [5] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, Г. Е. Тімен, і К. Л. Руденька, «Отоакустична емісія як діагностичний метод при експериментальній сенсоневральній приглуховатості», *Журнал вушних, носових і горлових хвороб*, no 5, pp 13–

20, 2017, [Online]. Available at:

http://www.lorlife.kiev.ua/2017/2017_5_13.pdf. ISSN: 0044-4650, (*фахове видання категорії Б*).

- [6] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, В. С. Дідковський, і М. С. Найда, «Слуховий апарат», UA135195, 2018, (*патент*).
- [7] Д. В. Паренюк, С. А. Найда, В. С. Дідковський, і М. С. Найда, «Спосіб діагностики слуху людини», UA135195, 2019, (*патент*).
- [8] Д. В. Паренюк, Г. Е. Тімен, К. Л. Руденька, і С. А. Найда, «Використання отоакустичної емісії для оцінки діагностики терапевтичної дії трофіну при експериментальній сенсоневральній приглухуватості», в *Спеціальний випуск “Журнал вушних, носових і горлових хвороб” присвячено роботі Щорічної традиційної осінньої конференції Українського наукового медичного товариства лікарів-оториноларингологів з міжнародною участю “Досягнення сучасної оториноларингології, 2017, р 2, (матеріали конференції)*.
- [9] Д. В. Паренюк і С. А. Найда, «Проблеми комунікації у скринінгу слуху новонароджених», в *Матеріали XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Дні Науки», 2018, р 2, (матеріали конференції)*.

ДОДАТОК 2



ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Перший проректор КПІ ім. Ігоря Сікорського
 академік НАН України,
 д.т.н., проф. Юрій ЯКИМЕНКО

Вихідний № _____
 від _____ 2021 р.

АКТ

про використання результатів дисертаційної роботи
 випускника аспірантури кафедри акустичних та мультимедійних електронних
 систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний
 інститут імені Ігоря Сікорського» Паренюка Д.В. у навчальному процесі




Ми, що нижче підписалися, декан факультету електроніки КПІ ім. І. Сікорського д.т.н., проф. Жуйков В.Я., зав. кафедрою акустичних та мультимедійних електронних систем д.т.н., проф. Найда С.А., д.т.н., проф. Продеус А.М., склали цей Акт про те, що результати дисертаційної роботи Паренюка Д.В. «Дослідження зв'язку викликаного ото акустичної емісії та властивостей слуху, визначених засобами суб'єктивної аудіології для скринінгу слуху новонароджених» впроваджені в освітній процес кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем, а саме, у нормативній дисципліні підготовки докторів філософії за спеціальністю 171 Електроніка: «Сучасні тенденції в електроакустичних технологіях» відображені об'єктивні та суб'єктивні методи діагностики слуху людини, лекції за наступними розділами дисципліни:

- Акустичні пристрої контролю слуху та мови;
- Нові типи електроакустичних перетворювачів.

Декан факультету електроніки

Зав. каф. АМЕС

Професор каф. АМЕС

 – д.т.н., проф. Валерій ЖУЙКОВ
 д.т.н., проф. Сергій НАЙДА
 д.т.н., проф. Аркадій ПРОДЕУС

ДОДАТОК А

Табл. 1 Результати застосування критерію

| | | Суб'єктивні методи | Об'єктивні методи | Порівняння |
|------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|------------|
| Чутливість | Частота утворюючого тону, Гц | Ширина частотної групи f_c , Гц | Ширина частотної групи f_o , Гц | Коефіцієнт |
| Низька | 2500 | 589,5 | 286 | -1,06 |
| Середня | | 402,65 | | -0,41 |
| Висока | | 272,88 | | 0,05 |
| Низька | 1500 | 361,2 | 263 | -0,37 |
| Середня | | 256,9 | | 0,02 |
| Висока | | 190 | | 0,28 |
| Низька | 2500 | 589,5 | 400 | -0,47 |
| Середня | | 402,65 | | -0,01 |
| Висока | | 272,88 | | 0,32 |
| Низька | 1428 | 346 | 243,9 | -0,42 |
| Середня | | 247 | | -0,01 |
| Висока | | 144,7 | | 0,41 |
| Низька | 2500 | 589,5 | 357 | -0,65 |
| Середня | | 402,65 | | -0,13 |
| Висока | | 272,88 | | 0,24 |
| Низька | 1350 | 329 | 312,5 | -0,05 |
| Середня | | 240 | | 0,23 |
| Висока | | 168 | | 0,46 |

ДОДАТОК Б

Табл. 1 Склад груп дослідів

| Номер групи | Кількість наведених експериментів | Перелік наведених експериментів |
|-------------|-----------------------------------|---|
| 1 | 3 | “Норма”, “Гентаміцин 7 днів до”, “Гентаміцин 7 днів після” |
| 2 | 3 | “Норма”, “Гентаміцин 14 днів до”, “Гентаміцин 14 днів після” |
| 3 | 3 | “Норма”, “Гентаміцин 7 днів після”, “Гентаміцин 14 днів після” |
| 4 | 3 | “Норма”, “Трофін 7 днів до В/М”, “Трофін 7 днів після В/М” |
| 5 | 3 | “Норма”, “Трофін 7 днів до Ін/тим”, “Трофін 7 днів після Ін/тим” |
| 6 | 3 | “Норма”, “Трофін 7 днів до Інтра/перит”, “Трофін 7 днів після Інтра/перит” |
| 7 | 4 | “Норма”, “Трофін 7 днів після В/М”, “Трофін 7 днів після Ін/тим”, “Трофін 7 днів після Інтра/перит” |
| 8 | 3 | “Норма”, “Трофін 14 днів до В/М”, “Трофін 14 днів після В/М” |
| 9 | 3 | “Норма”, “Трофін 14 днів до Ін/тим”, “Трофін 14 днів після Ін/тим” |
| 10 | 3 | “Норма”, “Трофін 14 днів до Інтра/перит”, “Трофін 14 днів після Інтра/перит” |

Продовження таблиці 1

| | | |
|----|---|--|
| 11 | 4 | “Норма”, “Трофін 14 днів після В/М”, “Трофін 14 днів після Ін/тим”, “Трофін 14 днів після Інтра/перит” |
| 12 | 3 | “Норма”, “Трофін 7 днів після В/М”, “Трофін 14 днів після В/М” |
| 13 | 3 | “Норма”, “Трофін 7 днів після Ін/тим”, “Трофін 14 днів після Ін/тим” |
| 14 | 3 | “Норма”, “Трофін 7 днів після Інтра/перит”, “Трофін 14 днів після Інтра/перит” |
| 15 | 3 | “Норма”, “Протекторна дія до В/М”, “Протекторна дія після В/М” |
| 16 | 3 | “Норма”, “Протекторна дія до Ін/тим”, “Протекторна дія після Ін/тим” |
| 17 | 3 | “Норма”, “Протекторна дія до Інтра/перит”, “Протекторна дія після Інтра/перит” |
| 18 | 4 | “Норма”, “Протекторна дія після В/М”, “Протекторна дія після Ін/тим”, “Протекторна дія після Інтра/перит” |
| 19 | 4 | “Норма”, “Терапевтична дія 7 днів до В/М”, “Терапевтична дія 7 днів під час В/М”, “Терапевтична дія 7 днів після В/М” |
| 20 | 4 | “Норма”, “Терапевтична дія 7 днів до Ін/тим”, “Терапевтична дія 7 днів під час Ін/тим”, “Терапевтична дія 7 днів після Ін/тим” |

Продовження таблиці 1

| | | |
|----|---|--|
| 21 | 4 | “Норма”, “Терапевтична дія 7 днів до Інтра/перит”, “Терапевтична дія 7 днів під час Інтра/перит”, “Терапевтична дія 7 днів після Інтра/перит” |
| 22 | 4 | “Норма”, “Терапевтична дія 14 днів до В/М”, “Терапевтична дія 14 днів під час В/М”, “Терапевтична дія 14 днів після В/М” |
| 23 | 4 | “Норма”, “Терапевтична дія 14 днів до Ін/тим”, “Терапевтична дія 14 днів під час Ін/тим”, “Терапевтична дія 14 днів після Ін/тим” |
| 24 | 4 | “Норма”, “Терапевтична дія 14 днів до Інтра/перит”, “Терапевтична дія 14 днів під час Інтра/перит”, “Терапевтична дія 14 днів після Інтра/перит” |
| 25 | 3 | “Норма”, “Терапевтична дія 7 днів після В/М”, “Терапевтична дія 14 днів після В/М” |
| 26 | 3 | “Норма”, “Терапевтична дія 7 днів після Ін/тим”, “Терапевтична дія 14 днів після Ін/тим” |
| 27 | 3 | “Норма”, “Терапевтична дія 7 днів після Інтра/перит”, “Терапевтична дія ін 14 днів після Інтра/перит” |
| 28 | 4 | “Норма”, “Терапевтична дія 7 днів після В/М”, “Терапевтична дія 7 днів після Ін/тим”, “Терапевтична дія 7 днів після Інтра/перит” |

Продовження таблиці 1

| | | |
|----|---|--|
| 29 | 4 | “Норма”, “Терапевтична дія 14 днів після В/М”, “Терапевтична дія 14 днів після Ін/тим”, “Терапевтична дія 14 днів після Інтра/перит” |
|----|---|--|

Табл. 2 Кількість випадків використання критерію для бази дослідів

| Номер дослідів | Назва дослідів | Частота, кГц/кількість випадків використання критерію | | | | | |
|----------------|-----------------------------------|---|----|----|----|----|----|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| 1 | “Норма” | | 2 | | | | |
| 2 | “Гентаміцин 7 днів до” | | 4 | 1 | | | |
| 3 | “Гентаміцин 7 днів після” | 7 | 13 | 13 | 4 | 2 | 7 |
| 4 | “Гентаміцин 14 днів до” | | 3 | | | | |
| 5 | “Гентаміцин 14 днів після” | 10 | 15 | 15 | 14 | 15 | 16 |
| 6 | “Трофін 7 днів до В/М” | | 2 | 7 | | | |
| 7 | “Трофін 7 днів після В/М” | 1 | 5 | 4 | | | |
| 8 | “Трофін 7 днів до Ін/тим” | | 1 | 5 | | | |
| 9 | “Трофін 7 днів до Інтра/перит” | | | 4 | | | |
| 10 | “Трофін 7 днів після Інтра/перит” | | 1 | 1 | | | |
| 11 | “Трофін 14 днів до В/М” | | 1 | 2 | | | |

Продовження таблиці 2

| | | | | | | | |
|----|---------------------------------------|---|----|----|----|----|---|
| 12 | “Трофін 14 днів після В/М” | | 2 | | | | |
| 13 | “Протекторна дія до В/М” | | | 1 | | | |
| 14 | “Протекторна дія після В/М” | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 |
| 15 | “Протекторна дія до Ін/тим” | | | 1 | | | |
| 16 | “Протекторна дія після Ін/тим” | | | 1 | | | |
| 17 | “Протекторна дія до Інтра/перит” | | | 3 | | | |
| 18 | “Терапевтична дія 7 днів до В/М” | | 5 | 2 | | | |
| 19 | “Терапевтична дія 7 днів під час В/М” | 8 | 15 | 14 | 12 | 10 | 9 |
| 20 | “Терапевтична дія 7 днів після В/М” | | 1 | | | | |
| 21 | “Терапевтична дія 7 днів до ін/тим” | | 5 | 1 | | | |

Продовження таблиці 2

| | | | | | | | |
|----|---|---|----|----|----|----|----|
| 22 | “Терапевтична дія 7 днів під час ін/тим” | 7 | 14 | 14 | 10 | 6 | 9 |
| 23 | “Терапевтична дія 7 днів до Інтра/перит” | | 3 | 1 | | | |
| 24 | “Терапевтична дія 7 днів під час Інтра/перит” | 9 | 16 | 16 | 13 | 10 | 12 |
| 25 | “Терапевтична дія 7 днів після Інтра/перит” | | | 1 | 1 | | |
| 26 | “Терапевтична дія 14 днів до В/М” | | 3 | | | | |
| 27 | “Терапевтична дія 14 днів під час В/М” | 8 | 13 | 14 | 11 | 10 | 11 |
| 28 | “Терапевтична дія 14 днів після час В/М” | | | 3 | | | |
| 29 | “Терапевтична дія 14 днів до Ін/тим” | | 6 | 1 | | | |

Продовження таблиці 2

| | | | | | | | |
|----|--|----|-----|-----|----|----|----|
| 30 | “Терапевтична дія 14 днів під час Ін/тим” | 5 | 13 | 14 | 11 | 7 | 10 |
| 31 | “Терапевтична дія 14 днів після Ін/тим” | | 1 | 4 | | | |
| 32 | “Терапевтична дія 14 днів до Інтра/перит” | | 6 | 1 | | | |
| 33 | “Терапевтична дія 14 днів під час Інтра/перит” | 7 | 15 | 15 | 10 | 7 | 12 |
| 34 | “Терапевтична дія 14 днів після Інтра/перит” | | 1 | 5 | | | |
| | Загалом | 63 | 169 | 168 | 89 | 68 | 87 |

Табл. 3 Відношення дослідів між собою

| Номер досліду | Назва досліду | Наявність зв'язку з іншими дослідями | Назва пов'язаних дослідів |
|---------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | “Норма” | Немає | Немає |
| 2 | “Гентаміцин 7 днів до” | Присутній | “Гентаміцин 7 днів після” |
| 3 | “Гентаміцин 7 днів після” | Присутній | “Гентаміцин 7 днів до” |
| 4 | “Гентаміцин 14 днів до” | Присутній | “Гентаміцин 14 днів після” |
| 5 | “Гентаміцин 14 днів після” | Присутній | “Гентаміцин 14 днів до” |
| 6 | “Трофін 7 днів до В/М” | Присутній | “Трофін 7 днів після В/М” |
| 7 | “Трофін 7 днів після В/М” | Присутній | “Трофін 7 днів до В/М” |
| 8 | “Трофін 7 днів до Ін/тим” | Присутній | “Трофін 7 днів після Ін/тим” |
| 9 | “Трофін 7 днів після Ін/тим” | Присутній | “Трофін 7 днів до Ін/тим” |
| 10 | “Трофін 7 днів до Інтра/перит” | Присутній | “Трофін 7 днів після Інтра/перит” |
| 11 | “Трофін 7 днів після Інтра/перит” | Присутній | “Трофін 7 днів до Інтра/перит” |
| 12 | “Трофін 14 днів до В/М” | Присутній | “Трофін 14 днів після В/М” |
| 13 | “Трофін 14 днів після В/М” | Присутній | “Трофін 14 днів до В/М” |
| 14 | “Трофін 14 днів до Ін/тим” | Присутній | “Трофін 14 днів після Ін/тим” |
| 15 | “Трофін 14 днів після Ін/тим” | Присутній | “Трофін 14 днів до Ін/тим” |

Продовження таблиці 3

| | | | |
|----|--|-----------|---|
| 16 | “Трофін 14 днів до Інтра/перит” | Присутній | “Трофін 14 днів після Інтра/перит” |
| 17 | “Трофін 14 днів після Інтра/перит” | Присутній | “Трофін 14 днів до Інтра/перит” |
| 18 | “Протекторна дія до В/М” | Присутній | “Протекторна дія після В/М” |
| 19 | “Протекторна дія після В/М” | Присутній | “Протекторна дія до В/М” |
| 20 | “Протекторна дія до Ін/тим” | Присутній | “Протекторна дія після Ін/тим” |
| 21 | “Протекторна дія після Ін/тим” | Присутній | “Протекторна дія до Ін/тим” |
| 22 | “Протекторна дія до Інтра/перит” | Присутній | “Протекторна дія після Інтра/перит |
| 23 | “Протекторна дія після Інтра/перит” | Присутній | “Протекторна дія до Інтра/перит” |
| 24 | “Терапевтична дія 7 днів до В/М” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів під час В/М”, “Терапевтична дія 7 днів після В/М |
| 25 | “Терапевтична дія 7 днів під час В/М” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів до В/М”, “Терапевтична дія 7 днів після В/М |
| 26 | “Терапевтична дія 7 днів після В/М” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів до В/М”, “Терапевтична дія 7 днів під час В/М” |

Продовження таблиці 3

| | | | |
|----|---|-----------|--|
| 27 | “Терапевтична дія 7 днів до Ін/тим” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів під час Ін/тим”, “Терапевтична дія 7 днів після Ін/тим” |
| 28 | “Терапевтична дія 7 днів під час Ін/тим” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів до Ін/тим”, “Терапевтична дія 7 днів після Ін/тим” |
| 29 | “Терапевтична дія 7 днів після Ін/тим” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів до Ін/тим”, “Терапевтична дія 7 днів під час Ін/тим” |
| 30 | “Терапевтична дія 7 днів до Інтра/перит” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів під час Інтра/перит”, “Терапевтична дія 7 днів після Інтра/перит” |
| 31 | “Терапевтична дія 7 днів під час Інтра/перит” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів до Інтра/перит”, “Терапевтична дія 7 днів після Інтра/перит” |
| 32 | “Терапевтична дія 7 днів після Інтра/перит” | Присутній | “Терапевтична дія 7 днів до Інтра/перит”, “Терапевтична дія 7 днів під час Інтра/перит” |
| 33 | “Терапевтична дія 14 днів до В/М” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів під час В/М”, “Терапевтична дія 14 днів після В/М” |
| 34 | “Терапевтична дія 14 днів під час В/М” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів до В/М”, “Терапевтична дія 14 днів після В/М” |

Продовження таблиці 3

| | | | |
|----|--|-----------|--|
| 35 | “Терапевтична дія 14 днів після В/М” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів до В/М”, “Терапевтична дія 14 днів під час В/М” |
| 36 | “Терапевтична дія 14 днів до Ін/тим” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів під час Ін/тим”, “Терапевтична дія 14 днів після Ін/тим” |
| 37 | “Терапевтична дія 14 днів під час Ін/тим” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів до Ін/тим”, “Терапевтична дія 14 днів після Ін/тим” |
| 38 | “Терапевтична дія 14 днів після Ін/тим” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів до Ін/тим”, “Терапевтична дія 14 днів під час Ін/тим” |
| 39 | “Терапевтична дія 14 днів до Інтра/перит” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів під час Інтра/перит”, “Терапевтична дія 14 днів після Інтра/перит” |
| 40 | “Терапевтична дія 14 днів під час Інтра/перит” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів до Інтра/перит”, “Терапевтична дія 14 днів після Інтра/перит” |
| 41 | “Терапевтична дія 14 днів після Інтра/перит” | Присутній | “Терапевтична дія 14 днів до Інтра/перит”, “Терапевтична дія 14 днів під час Інтра/перит” |

Табл. 4 Статистичний аналіз результатів групи №1.

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Дослід №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Дослід №2 | 13±6,73 p<0,05 | 4,33±17,45 p>0,05 | 6,88±11,43 p<0,05 | 24,56±9,85 p>0,05 | 25,94±8,96 p>0,05 | 24,63±15,28 p>0,05 |
| Дослід №3 | -1,1±12,86 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,15±3,77 p<0,05 p1-2<0,05 | -3,69±5,52 p<0,05 p1-2<0,05 | 4,81±20,7 p<0,05 p1-2<0,05 | 7,45±22,99 p<0,05 p1-2<0,05 | -0,57±27,04 p<0,05 p1-2<0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

Табл. 5 Статистичний аналіз результатів групи №2

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Дослід №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Дослід №4 | 12,31±17,75 p>0,05 | 5,26±19,62 p>0,05 | 8±12,26 p<0,05 | 26,13±13 p>0,05 | 26,69±10,01 p>0,05 | 24,81±13,13 p>0,05 |
| Дослід №5 | -2,53±5,6 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,58±2,96 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,61±2,46 p<0,05 p1-2<0,05 | -5,44±4,5 p<0,05 p1-2<0,05 | -5,72±12,22 p<0,05 p1-2<0,05 | -6,88±0,00 p<0,05 p1-2<0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

Табл. 6. Статистичний аналіз результатів групи №3.

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Дослід №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Дослід №3 | -1,1±12,86 p<0,05 | -4,15±3,77 p<0,05 | -3,69±5,52 p<0,05 | 4,81±20,7 p<0,05 | 7,45±22,99 p<0,05 | - 0,57±27,04 p<0,05 |
| Дослід №5 | -2,53±5,6 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,58±2,96 p<0,05 p1-2>0,05 | -4,61±2,46 p<0,05 p1-2>0,05 | -5,44±4,5 p<0,05 p1-2<0,05 | -5,72±12,22 p<0,05 p1-2<0,05 | -6,88±0,00 p<0,05 p1-2>0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

Табл. 7 Статистичний аналіз результатів групи №19

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------|---|--|--|--|---|---|
| Дослід №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Дослід №24 | 13,5±9,47 p>0,05 | 4,52±16,18 p>0,05 | 6,82±14,59 p<0,05 | 21,94±13,4 p>0,05 | 26,25±13,09 p>0,05 | 23,25±16,28 p>0,05 |
| Дослід №25 | 0,08±11,43 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,2±5,98 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,31±4,45 p<0,05 p1-2<0,05 | -2,31±18,28 p<0,05 p1-2<0,05 | -0,54±18,46 p<0,05 p1-2<0,05 | 1,26±22,36 p<0,05 p1-2<0,05 |
| Дослід №26 | 17,19±12,09 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 5,44±11,81 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 10,19±14,5 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 26,06±9,22 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 29,06±11,92 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 26,81±25,29 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2, p2-3, p3-1 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

Табл. 8 Статистичний аналіз результатів групи №20

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------|--|---|---|--|---|---|
| Дослід №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Дослід №27 | 12,56±11,57 p>0,05 | 3,2±14,48 p>0,05 | 6,94±12,68 p<0,05 | 22,63±12,92 p>0,05 | 27,44±11,68 p>0,05 | 24,25±15,48 p>0,05 |
| Дослід №28 | 1,91±11,57 p<0,05 p1-2<0,05 | -3,33±8,85 p<0,05 p1-2<0,05 | -3,93±7,44 p<0,05 p1-2<0,05 | -1,31±17,93 p<0,05 p1-2<0,05 | 3,36±22,48 p<0,05 p1-2<0,05 | 0,57±20,98 p<0,05 p1-2<0,05 |
| Дослід №29 | 17,25±13,4 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 5,5±10,09 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 11,81±11,13 p>0,05 p1-3<0,05 p2-3<0,05 | 27,06±6,95 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 31±5,75 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 30,69±3,4 p>0,05 p1-3<0,05 p2-3<0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2, p2-3, p3-1 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

Табл. 9 Статистичний аналіз результатів групи №21

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------|---|---|---|--|--|--|
| Дослід №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Дослід №30 | 14,56±8,13 p>0,05 | 6,57±14,37 p>0,05 | 7,38±13,64 p<0,05 | 21,25±12,32 p<0,05 | 26±12,37 p>0,05 | 23±16,84 p>0,05 |
| Дослід №31 | -0,5±11,34 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,95±0 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,92±0 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,06±10,84 p<0,05 p1-2<0,05 | -1,29±16,38 p<0,05 p1-2<0,05 | - 3,47±14,31 p<0,05 p1-2<0,05 |
| Дослід №32 | 19,13±9,9 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 5,5±10,95 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 10,32±14,09 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 24,44±17,4 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 29,81±6,21 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 29,81±3,03 p>0,05 p1-3<0,05 p2-3<0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2, p2-3, p3-1 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

Табл. 10 Статистичний аналіз результатів групи №22

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------------------------------|--|--|---|---|---|---|
| Експеримент №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Терапевтична дія 14 днів до в/м | 14,63±13,56 p>0,05 | 6,51±14,95 p>0,05 | 8,94±12,23 p>0,05 | 23,38±11,8 p>0,05 | 26±13,41 p>0,05 | 24,75±11,72 p>0,05 |
| Терапевтична дія 14 днів під час в/м | 3,71±19,82 p<0,05 p1-2<0,05 | -2,77±11,57 p<0,05 p1-2<0,05 | -2,81±12,36 p<0,05 p1-2<0,05 | -2,69±15,35 p<0,05 p1-2<0,05 | -0,23±21,89 p<0,05 p1-2<0,05 | -1,29±20,27 p<0,05 p1-2<0,05 |
| Терапевтична дія 14 днів після в/м | 13,5±12,22 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 10,19±16,9 p<0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 11,77±17,23 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 22,44±20,95 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 25,94±19,33 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 28,5±9,06 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2, p2-3, p3-1 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

Табл.11 Статистичний аналіз результатів групи №23

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------|---|---|--|--|---|--|
| Дослід №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Дослід №36 | 15,31±10,42 p>0,05 | 5,58±19,46 p>0,05 | 7,38±15,93 p>0,05 | 24,13±13,48 p>0,05 | 29,06±11,58 p>0,05 | 26,75±9,84 p>0,05 |
| Дослід №37 | 6,58±18,36 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,52±2,15 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,06±5,21 p<0,05 p1-2<0,05 | -3,25±11,04 p<0,05 p1-2<0,05 | 1,96±20,21 p<0,05 p1-2<0,05 | 0,39±20,76 p<0,05 p1-2<0,05 |
| Дослід №38 | 12,63±13,54 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 10,63±20,44 p<0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 8,9±18,6 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 19,81±19,9 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 24,63±15,07 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 28,31±7,44 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2, p2-3, p3-1 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

Табл. 12. Статистичний аналіз результатів групи №24

| Частота, кГц | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|--------------|--|---|--|---|---|---|
| Дослід №1 | 16,94±11,92 | 4,32±11,29 | 12,13±9,79 | 25,5±9,83 | 26,13±17,26 | 27,69±11,9 |
| Дослід №39 | 14,69±10,92 p>0,05 | 4,64±18,1 p>0,05 | 6,69±15,47 p>0,05 | 23,38±13,42 p>0,05 | 29,56±10,95 p>0,05 | 26,25±14,41 p>0,05 |
| Дослід №40 | 4,23±17,77 p<0,05 p1-2<0,05 | -4,14±6,48 p<0,05 p1-2<0,05 | -3,61±10,46 p<0,05 p1-2<0,05 | -0,13±20,82 p<0,05 p1-2<0,05 | 1,96±23,38 p<0,05 p1-2<0,05 | -2,47±17,96 p<0,05 p1-2<0,05 |
| Дослід №41 | 13,88±8,42 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 11,32±19,24 p<0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 8,21±19,68 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 19,69±19,25 p<0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 23,94±14,54 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 | 25,88±14,27 p>0,05 p1-3>0,05 p2-3<0,05 |

p - рівень значимості при порівнянні дослідних груп із контрольною групою “Норма”.

p1-2, p2-3, p3-1 – рівень значимості при порівнянні відповідних дослідних груп тварин між собою.

ДОДАТОК В

Табл. 1. Динаміка зміни α -ритму під час проведення експерименту.

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|------|---------|------|-------|------|-------------------------------------|------|---------|------|-------|------|
| α - ритм, мкВ, % | Ліва півкуля | | | | | | | | | | | |
| | Лобна ділянка, Fp1-F3-F7 | | | | | | Скронева ділянка, T3-T5 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 42,2 | 22,4 | 37,7 | 23,3 | 36,4 | 23,7 | 39,1 | 24,4 | 36,6 | 25,4 | 36,5 | 25,8 |
| | Ділянка центральної борозди, С3 | | | | | | Тім'яна ділянка, Р3 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 48,2 | 25,4 | 47,2 | 26,7 | 49,5 | 27,1 | 59,3 | 29,6 | 58,3 | 30,8 | 59,3 | 31,2 |
| | Потилична ділянка, О1 | | | | | | Усереднені показники, ліва півкуля | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 74,8 | 32,6 | 76,7 | 33,9 | 78,5 | 34,9 | 48,4 | 25,5 | 45,9 | 26,5 | 46,2 | 27 |
| | Права півкуля | | | | | | | | | | | |
| | Лобна ділянка, Fp2-F4-F8 | | | | | | Скронева ділянка, T4-T6 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 37,8 | 22,6 | 36,9 | 23,2 | 37,2 | 23,3 | 41,6 | 22,9 | 40,7 | 24,3 | 39,8 | 24,9 |
| | Ділянка центральної борозди, С4 | | | | | | Тім'яна ділянка, Р4 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 46,9 | 24,6 | 48 | 25,7 | 48,5 | 26 | 59,6 | 28,9 | 62 | 30,9 | 63,7 | 31,3 |
| | Потилична ділянка, О2 | | | | | | Усереднені показники, права півкуля | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 81 | 34,8 | 82,4 | 36,1 | 86,2 | 37 | 48 | 25,2 | 48,1 | 26,4 | 72,3 | 26,8 |

Табл. 2. Динаміка зміни β -ритму під час проведення експерименту

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|---------|---------|-------|-------|------|--|---------|---------|-------|-------|------|
| β - ритм, мкВ, % | Ліва півкуля | | | | | | | | | | | |
| | Лобна ділянка, Fp1-F3-F7 | | | | | | Скронева ділянка, T3-T5 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 60,7 | 35,8 | 52,9 | 35,8 | 49,9 | 35,7 | 59,8 | 39,7 | 52 | 38,9 | 48,4 | 37,8 |
| | Ділянка центральної борозди, С3 | | | | | | Тім'яна ділянка, P3 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 58 | 34,2 | 55 | 34,4 | 55,2 | 34,3 | 59,4 | 34,2 | 56,4 | 33,6 | 55,6 | 33,4 |
| | Потилична ділянка, O1 | | | | | | Усереднені показники, ліва півкуля | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 68,9 | 35,1 | 65,5 | 34,5 | 65,6 | 34,1 | 61 | 36 | 54,9 | 35,9 | 55,5 | 35,5 |
| | Права півкуля | | | | | | | | | | | |
| | Лобна ділянка, Fp2-F4-F8 | | | | | | Скронева ділянка, T4-T6 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 53,9 | 35,8 | 51,8 | 35,9 | 51,5 | 35,8 | 73,6 | 39,9 | 65,3 | 39,6 | 59,3 | 38,8 |
| | Ділянка центральної борозди, С4 | | | | | | Тім'яна ділянка, P4 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 57,3 | 33,4 | 56,1 | 33,2 | 56,2 | 33,4 | 59,3 | 32,9 | 57 | 32,5 | 56,7 | 32 |
| | Потилична ділянка, O2 | | | | | | Усереднені показники, права півкуля | | | | | |
| До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | | |
| 73 | 34,2 | 71 | 34,1 | 73,2 | 33,5 | 62,3 | 36 | 58,8 | 35,8 | 57,1 | 35,5 | |

Табл. 3. Динаміка зміни δ -ритму під час проведення експерименту

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------------|------|---------|------|-------|------|-------------------------------------|------|---------|------|-------|------|
| δ -ритм, мкВ, % | Ліва півкуля | | | | | | | | | | | |
| | Лобна ділянка, Fp1-F3-F7 | | | | | | Скронева ділянка, T3-T5 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 33,9 | 22,6 | 30,1 | 21,4 | 28,9 | 21 | 25,7 | 19,6 | 23,9 | 18,7 | 23,6 | 18,9 |
| | Ділянка центральної борозди, С3 | | | | | | Тім'яна ділянка, P3 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 33 | 21,1 | 29,3 | 19,1 | 29,9 | 18,9 | 31,2 | 19,3 | 28,9 | 18,1 | 29,1 | 18 |
| | Потилична ділянка, O1 | | | | | | Усереднені показники, ліва півкуля | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 30 | 14,7 | 27,6 | 14,8 | 26,5 | 14,2 | 30,9 | 20,4 | 28 | 19,2 | 29,3 | 19 |
| | Права півкуля | | | | | | | | | | | |
| | Лобна ділянка, Fp2-F4-F8 | | | | | | Скронева ділянка, T4-T6 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 33,1 | 22,5 | 30,7 | 21,6 | 30,9 | 21,5 | 29,7 | 19,7 | 26,4 | 18,5 | 26,2 | 18,9 |
| | Ділянка центральної борозди, С4 | | | | | | Тім'яна ділянка, P4 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 40,4 | 21,6 | 39,2 | 20,5 | 38,4 | 20,5 | 34,9 | 20 | 31,1 | 18 | 31,5 | 17,9 |
| | Потилична ділянка, O2 | | | | | | Усереднені показники, права півкуля | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 30,2 | 15,7 | 27,4 | 887 | 28,1 | 14,4 | 33 | 20,5 | 30,3 | 19,4 | 30,3 | 19,4 |

Табл. 4. Динаміка зміни θ -ритму під час проведення експерименту

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------------|------|---------|------|-------|------|-------------------------------------|------|---------|------|-------|------|
| θ -ритм, мкВ, % | Ліва півкуля | | | | | | | | | | | |
| | Лобна ділянка, Fp1-F3-F7 | | | | | | Скронева ділянка, T3-T5 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 38,1 | 18,9 | 30,9 | 19,2 | 28,7 | 19,3 | 22 | 15,9 | 21,5 | 16,5 | 22,4 | 17,1 |
| | Ділянка центральної борозди, С3 | | | | | | Тім'яна ділянка, Р3 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 31,7 | 18,9 | 31,6 | 19,3 | 33,3 | 19 | 28,7 | 16,6 | 28,5 | 16,9 | 29,8 | 16,9 |
| | Потилична ділянка, О1 | | | | | | Усереднені показники, ліва півкуля | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 35,5 | 16,5 | 33 | 16,5 | 32,8 | 16,1 | 31,8 | 17,6 | 28,6 | 17,9 | 28,3 | 18 |
| | Права півкуля | | | | | | | | | | | |
| | Лобна ділянка, Fp2-F4-F8 | | | | | | Скронева ділянка, T4-T6 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 28,4 | 18,6 | 27,9 | 18,9 | 28,9 | 18,9 | 30,7 | 17,2 | 27,3 | 17,2 | 26,5 | 16,9 |
| | Ділянка центральної борозди, С4 | | | | | | Тім'яна ділянка, Р4 | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 35,6 | 20,1 | 36 | 20,3 | 35,7 | 19,8 | 31,8 | 17,6 | 31,9 | 17,8 | 33,4 | 17,9 |
| | Потилична ділянка, О2 | | | | | | Усереднені показники, права півкуля | | | | | |
| | До | | Під час | | Після | | До | | Під час | | Після | |
| | 29,9 | 14,6 | 29,6 | 14,5 | 30,8 | 14,2 | 30,5 | 17,8 | 29,5 | 18 | 29,9 | 17,8 |