

**Цокота Михайло Валерійович**

*студент*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Цокота Михаил Валерьевич**

*студент*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Tsokota M.**

*Student*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Тимчик Григорій Семенович**

*доктор технічних наук , професор,*

*декан приладобудівного факультету*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Тымчик Григорий Семенович**

*доктор технических наук, профессор,*

*декан приборостроительного факультета*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Tymchyk G.**

*PhD, Professor, Dean of the Faculty of instrument*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Терещенко Микола Федорович**

*кандидат технічних наук,*

*доцент кафедри виробництва приладів*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Терещенко Николай Федорович**

*кандидат технических наук,*

*доцент кафедры производства приборов*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Tereshchenko M.**

*Ph.D., assistant professor of Production Equipment*

*National Technical University of Ukraine*

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Вислоух Сергій Петрович**

*кандидат технічних наук,*

*доцент кафедри технології приладобудування*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Вислоух Сергей Петрович**

*кандидат технических наук,*

*доцент кафедры технологии приборостроения*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

**Wyslouh S.**

*Ph.D., assistant professor of Instrumentation Technology  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

**Чухраєв Микола Вікторович**

*кандидат технічних наук, доктор медицини, директор  
Науково-методичний центр «Медичні інноваційні технології»*

**Чухраев Николай Викторович**

*кандидат технических наук, доктор медицины, директор  
Научно-методический центр  
«Медицинские инновационные технологии»*

**Chuhrayev M.**

*Ph.D., MD, Director  
Scientific center «Medical innovative technologies»*

## ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАФІЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА КОРЕКЦІЇ ТРИВОЖНО-ДЕПРЕСИВНИХ РОЗЛАДІВ У СТУДЕНТІВ

**Анотація:** Досліджено стан виявлення нервових та психічних розладів у пацієнтів (студентів) шляхом експрес-аналізу електричних сигналів кори головного мозку. Описано методику обробки сигналу шляхом спектрального аналізу. Приведено результати досліджень електроенцефалограми головного мозку з контролем сигналів альфа-ритму, його спектрально-кореляційним аналізом та порівнянням з характеристиками цих значень у здорових пацієнтів та появи індикаторів психічного розладу. Знання параметрів електроенцефалограми проводилися біполярним методом за допомогою комплексу KL-720 на репрезентативній групі студентів. Відпрацьована методика виявлення симптоматики захворювання та терапевтичної локальної корекції з кореляцією до станів пригніченості, стресу чи депресії шляхом впливу сигналів розбалансу відповідних частот.

**Ключові слова:** електроенцефалографія, тривожно-депресивні розлади, психічні стани, головний мозок, спектральний аналіз.

**Аннотация:** Исследовано состояние выявления нервных и психических расстройств у пациентов (студентов) путем экспресс-анализа электрических сигналов коры головного мозга. Описана методика обработки сигнала путем спектрального анализа. Приведены результаты исследований электроэнцефалограммы головного мозга с контролем сигналов альфа-ритма, их спектрально-корреляционного анализа, и сравнением с характеристиками этих значений у здоровых пациентов и выявлением индикаторов психических расстройств. Снятие параметров электроэнцефалограммы проводилось биполярным методом с помощью комплекса KL-720 на репрезентативной группе студентов. Отработана методика выявления симптоматики заболевания и терапевтической локальной коррекции с корреляцией к состояниям подавленности, стресса или депрессии путем воздействия сигналов разбаланса соответствующих частот.

**Ключевые слова:** электроэнцефалография, тревожно-депрессивные расстройства, психические состояния, головной мозг, спектральный анализ.

**Summary:** The state detection nervous and mental disorders in patients (students) by rapid analysis of electrical signals cortex discovered. The method of signal processing by spectral analysis is described. The results of research electroencephalogram brain signals to control the alpha rhythm, its spectral correlation analysis and comparison of the characteristics of these values in healthy patients and appearance of the indicators of mental disorder. Nobility parameters electroencephalogram performed by using bipolar complex KL-720 to a representative group of students. The methodical identify symptoms of the disease and therapeutic correction of the local correlation to the states of depression, stress or depression by acting imbalance signals corresponding frequencies.

**Key words:** electroencephalography, anxiety and depressive disorders, mental states, brain, spectral analysis.

**Постановка проблеми.** Реєстрація електричної активності мозку давно застосовується для вивчення нейрофізіологічних основ тривожних станів. Вже найперші дослідження розладів методом електроенцефалографії (ЕЕГ), проведені в 40-і роки ХХ століття, виявили несподівано велику кількість аномалій у пацієнтів. Узагальнені літературні дані свідчать, що навіть при «рутинному» візуальному аналізі ЕЕГ, патологічні ознаки виявляються у 20-40% депресивно-пригнічених пацієнтів та при оцінці їх тривожних станів [1]. Застосування сучасних методів математичного аналізу і обробки ЕЕГ-даних ще більше збільшує діагностичну значимість методу. Так, згідно даних Американської нейропсихіатричної асоціації [2], та нашим дослідженням [3] зі студентами, придатність даних кількісного аналізу ЕЕГ для виявлення депресій, тобто їх чутливість і специфічність, складають 72-93% і 75-88% відповідно. Навіть більше, світова неврологія рекомендувала математичний аналіз ЕЕГ в якості додаткового інструменту диференціації депресивних хворих від здорових, але, більшою мірою, зміни стосуються одного із основних ритмів ЕЕГ – альфа-ритму [4].

Альфа-ритм являє собою ритмічні коливання з частотою 8-13 Гц і середньою амплітудою 30-70 мкВ, які можуть досягати амплітудних значень до 100 мкВ, реєструються переважно в потиличних областях при закритих очах у стані спокійного неспання і максимальному розслабленні м'язів. Ритм блокується світловою стимуляцією, концентрацією уваги і виконанням різних когнітивних тестів [5]. Тому альфа-ритм ЕЕГ традиційно привертає високу увагу дослідників, завдяки його високій чутливості до різноманітних зовнішніх впливів і тонких змін функціонального стану кори головного мозку.

Дослідження альфа-риму ЕЕГ хворих нервовими розладами, тривожно-депресивним синдромом, на початкових етапах, дозволяє вивчати біологічні основи захворювання та сприяє недопущенню посилення захворювання [6].

Особливої уваги, в зв'язку з підвищенням енергоінформаційним та психологічним навантаженням заслужує стан психологічного здоров'я студентів. Тому розробка нових методів і принципів діагностики та терапії нервових та психічних розладів у них є однією з актуальних задач.

**Аналіз попередніх досліджень та публікацій.** Метод електроенцефалографії, тобто визначення сумарної електричної активності, що відводиться з поверхні голови, розглядається в роботі [7] як найпоширеніший і адекватний для вивчення нейрофізіологічного стану психічної діяльності. Оскільки ЕЕГ відображає різницю потенціалів між двома точ-

ками на поверхні голови, то для з'ясування активності окремих коркових областей використовують інดิферентний електрод, поміщений найчастіше на мочці вуха. Це так зване монополярне відведення. Разом з цим аналізується різниця потенціалів між двома активними зонами (біполярне відведення). Незалежно від способу реєстрації в ЕЕГ виділяються наступні типи ритмічних коливань: дельта – ритм нижче 4 Гц; тета – ритм 4-8 Гц; альфа – ритм 8-13 Гц (це основний ритм ЕЕГ, переважно виражений у каудальних відділах кори – потиличний і тім'яний); бета-ритм 13-35 Гц; гамма-ритм – вище 35 Гц.

Ці ритми різняться не тільки за своїми частотними, але й функціональними характеристиками. Їхня амплітуда, топографія, співвідношення є важливою діагностичною ознакою й критерієм функціонального стану різних областей кори головного мозку при реалізації психічної діяльності.

Проведення електроенцефалографічного дослідження має важливе діагностичне значення при багатьох психічних захворюваннях. ЕЕГ використовується в діагностиці тривожно-депресивних розладів (ТДР), епілепсії та інших психічних розладів, дозволяє оцінити глибину коматозних станів, контролювати рівень свідомості при наркозі [8].

**Визначення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** При аналізі електроенцефалограм особливі типи випадків нерідко діагностуються як психогенні розлади, тіки, дискінезії, а, відповідно, і хворі не отримують адекватного лікування [9]. При звичайній ЕЕГ патологію можна виявити лише у 50% або менше пацієнтів. Відсутність змін не виключає наявності відхилень від норми. Підвищити інформативність ЕЕГ до 90% можна за допомогою виконання повторних досліджень, тривалої за часом реєстрації ЕЕГ тощо [10]. Завдяки сучасним технологіям з'явилася можливість проведення тривалого ЕЕГ-моніторингу з використанням відеомоніторингу (video-EEG) та амбулаторного моніторингу (ambulatory EEG – АМЕЕГ).

Відеомоніторинг ЕЕГ (ВЕМ) – синхронна реєстрація записи ЕЕГ і відеозображення пацієнта, що дозволяє з'ясувати співвідношення патологічної активності в ЕЕГ з картиною нападу протягом тривалого часу з метою уточнення його природи та під час патологічних процесів [9]. Для проведення дослідження використовуються цифрові системи ВЕМ у спеціально обладнаній палаті, що включає стаціонарний або мобільний електроенцефалограф.

Амбулаторний моніторинг ЕЕГ проводиться у тих випадках, що і моніторинг ЕЕГ, але коли немає необхідності спостереження за поведінкою пацієнта [11].

АМЕЕГ дещо поступається ВЕМ в обсязі інформаційної ємності пам'яті, проте дослідження можна

проводити одночасно з іншими методами: моніторингом електрокардіограми та артеріального тиску, нейроміографією, спірометрією та іншими діагностичними методами. АМЕЕГ не вимагає використання дорогого устаткування, спеціально оснащених палат і спеціально навченого персоналу, як при виконанні ВЕМ [12].

Грунтовне дослідження функціонального стану головного мозку потребує безперервної діагностики. Багатоканальною діагностикою ЕЕГ можна виявити уражену зону, та вона потребує постійних чи амбулаторних досліджень. Тому при виявленому ймовірному захворюванні доцільною є локалізація вимірювання з проведенням в подальшому біполярної реєстрації ЕЕГ з відокремлених точок. При підтвердженні хронічного стану хвороб необхідна частотна кореляція ритмів відповідних областей за відомими частотними паттернами.

**Формування цілей статті.** Метою даного дослідження була розробка методики встановлення наявності психічних розладів шляхом апаратного аналізу ЕЕГ з виділенням альфа-ритму та використанням кореляційних методів аналізу з подальшою терапією.

#### Виклад основного матеріалу дослідження.

Для виявлення особливостей альфа-ритму ЕЕГ та встановлення можливих нервових розладів досліджена контрольна група із 16 здорових студентів для добровільного спостереження. Діагностика проводилася за критеріями МКБ-10. ЕЕГ реєстрували в стані спокійного неспаннтя за допомогою апаратного комплексу KL-720 (Тайвань).

Запис ЕЕГ здійснювався монополярно відповідно міжнародній системі «10%-20%» [13].

Спектральна потужність (СП) альфа ритму в потиличних зонах ( $O_1$  та  $O_2$ ) є найвищою, – 190-220 мкВт – в порівнянні з фронтальними (F3, F4), центральними (C3, C4), тім'яними (P3, P4), передньовисковими (F7, F8), середньовисковими (T3, T4) та задньоскроневими (T5, T6) корковими зонами (непарними цифрами позначені області лівої півкулі, парними – правого), СП яких становить від 25 мкВт до 70 мкВт [14].

В якості референтного електроду були використані вушні кліпси.

Частотно-амплітудні характеристики і топографічні розповсюдження ритмів ЕЕГ визначали за допомогою спектрального аналізу ЕЕГ методом швидкого перетворення Фур'є з усередненням не менше, ніж 30 зон по 2 секунди.

**Спектральний аналіз.** Для визначення станів синхронізації і десинхронізації сенсомоторних ритмів зручно перейти від уявлення сигналу ЕЕГ як функції часу, до подання сигналу в частотній області. Даний

перехід здійснюється шляхом розкладання сигналу на гармонійні складові за допомогою перетворення Фур'є.

Для сигналу  $x(n)$ , представленого у вигляді послідовності відліків, взятих з частотою дискретизації  $F_s$  в моменти часу з номерами  $n = 0, 1, \dots, N - 1$ , дискретне перетворення Фур'є визначається як [8]:

$$F(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-\frac{2\pi j}{N}kn}, k = 0, 1, \dots, N - 1, \quad (1)$$

де  $F(k)$  – комплексна амплітуда синусоїдального сигналу з частотою  $k \cdot \Delta f$ , де  $\Delta f = \frac{F_s}{N}$  – роздільна здатність (крок) за частотою;  $x(n)$  – виміряні значення сигналу в моменти часу з номерами  $n = 0, 1, \dots, N - 1$ .

Варто зазначити, що оскільки сигнал  $x(n)$  є дійсним, то амплітуди гармонік, симетричних відносно  $N/2$ , будуть комплексно спряженими, тобто буде виконуватися співвідношення

$$F(k) = f \cdot (N - k), k \in \left[1; \frac{N}{2} - 1\right]. \quad (2)$$

В якості міри, що характеризує залежність потужності сигналу від частоти, використовується спектральна щільність потужності  $P(k)$ , яка обраховується наступною формулою:

$$P(k) = \frac{|F(k)|^2}{N^2}, k = 0, 1, \dots, N - 1. \quad (3)$$

Коефіцієнт нормалізації  $\frac{1}{N^2}$  обраний відповідно до вимог рівності сумарної спектральної щільності потужності середньоквадратичній амплітуді сигналу  $x(n)$ :

$$\sum_{k=0}^{N-1} P(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |x(n)|^2. \quad (4)$$

**Математична обробка результатів.** За даними досліджень розраховувався довірчий інтервал значень альфа-ритму здорових пацієнтів, як задача при малій кількості спостережень, коли значення параметру  $a$  замінюється його точковою оцінкою  $\tilde{a}$  [15]. Тоді для ймовірності  $\beta=0,99$  знаходиться значення  $\varepsilon$ :

$$P(|\tilde{a} - a| < \varepsilon) = \beta. \quad (5)$$

Діапазон практично можливих значень помилки, що виникає при заміні  $\tilde{a}$  на  $a$ , буде  $\pm\varepsilon$ , значні за абсолютною величиною похибки будуть з'являтися тільки з малою ймовірністю  $\lambda = 1 - \beta$ :

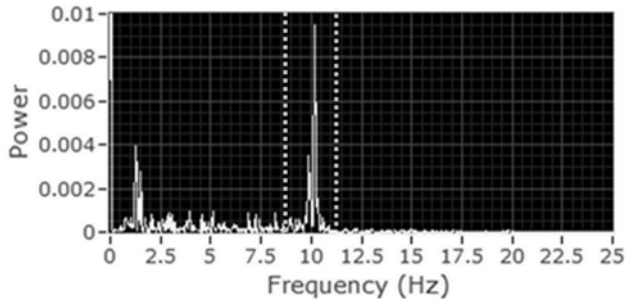
$$P(\tilde{a} - \varepsilon < a < \tilde{a} + \varepsilon) = \beta. \quad (6)$$

Дане співвідношення означає, що з ймовірністю  $\beta$  невідоме значення параметра  $a$  потрапляє в інтервал:

$$I_\beta = (\tilde{a} - \varepsilon; \tilde{a} + \varepsilon). \quad (7)$$

Приклад графіка спектральної щільності потужності для окремого каналу запису ЕЕГ наведено на малюнку 1, де на вісі абсцис є частота сигналу (Гц), а на вісі ординат – спектральна потужність.

В якості характерних ознак сигналу  $x(n)$  в даному випадку виступають значення сумарної спектральної щільності потужності в частотних діапазонах: 1-4 Гц (Дельта-ритм); 4-8 Гц (тета-ритм); 8-13 Гц (альфа-ритм); 14-35 Гц (бета-ритм).



Мал. 1. Спектральна щільність потужності альфа-ритму та довірчий інтервал

При аналізі спектру для групи піддослідних студентів було встановлено довірчий інтервал в діапазоні від 9,25 до 11, 5, зображений на мал.1 пунктирними лініями.

**Аналіз отриманих результатів.** При потраплянні вимірної характеристики спектральної потужності альфа-ритму в довірчий інтервал  $I_{\beta}$  ЕЕГ піддослідного вважається здоровим. В іншому випадку проводиться додатковий обрахунок потраплення довірчих меж  $\tilde{\alpha} - \varepsilon$  та  $\tilde{\alpha} + \varepsilon$  до довірчого інтервалу  $I_{\beta}$ .

Різне зниження індексу альфа-ритму (нижче 10%) або повна відсутність його, домінування плоскою ЕЕГ, поліритмія амплітудою до 25 мкВ, домінування низькочастотного бета-ритму середніх амплітуд (20-25 мкВ), помірна вираженість високочастотної регулярної компоненти, збільшення амплітуди альфа ритму понад 100 мкВ зі зниженням частоти його нижче 9 Гц з переходом його в спектр альфа-подібного тета-ритму, а так само з наявністю часткових проявів

або спалахів повільних ритмів навіть при помірно порушеної реактивної ЕЕГ розглядається, як порушення середньої тяжкості.[16]

Отримавши зміни спектральної щільності коливань в діапазоні  $(\alpha, \beta, \theta, \gamma)$  – ритмів біопотенціалів кори головного мозку методом кореляційно-екстремального аналізу з розподілом спектральної щільності аналогічних ритмів в підтверджених класах функціонального стану пацієнта, для формування дії використовується сигнал, що дорівнює різниці спектральної щільності частот, отриманих з пацієнта та еталонних, умовно здорової людини і даний сигнал використовується для формування сигналу дії на відповідну частину кори головного мозку.

Для стимуляції альфа ритму використовувалася рекомендована терапевтична частота модуляції –  $10 \pm 0,7$  Гц [17, 18], яка входить в межі довірчого інтервалу. При терапевтичній стимуляції відхилень від норми зменшилось вдвічі.

**Висновки та пропозиції.** Таким чином, виконані дослідження альфа-ритму ЕЕГ із застосуванням спектрального аналізу дозволило виявити у піддослідних студентів часткові психологічні відхилення та незначні нервові розлади особливої мозаїки міжкіркових взаємодій в заліково-екзаменаційний період. Це дозволяє диференційовано оцінювати функціональну активність різних кіркових зон в періоди семестрового навчання та заліково-екзаменаційний час, на підставі спектральних показників альфа-діапазону, що може служити додатковим критерієм при діагностиці початкового етапу-психічних розладів. Терапевтична стимуляція зменшує відхилення від норми вдвічі. Метод кореляційно-екстремального аналізу дав можливість апаратно визначити початкову наявність відхилень від норми, а відповідний сигнал терапевтичної дії на вискову ділянку головного мозку стимулював процеси відновлення норми.

## Література

1. Kanda P.A.M., Anghinah R., Smidt M.T., Silva J.M. The clinical use of quantitative EEG in cognitive disorders / *Dementia & Neuropsychologia*. – 2009. – Vol. 3, N 3. – P. 195–203.
2. The value of quantitative electroencephalography in clinical psychiatry: A Report by the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association / *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 2006. Vol. 18. P. 460–500.
3. Коротыш А.И., Терещенко Н.Ф. Проблемы маскированной депрессии современном социуме / *Современные научные исследования и инновации. Научно-практический журнал.* <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/51671>.
4. Мельникова Т. С., Саркисян В. В., Гурович И. Я. Характеристика альфа-ритма ЭЭГ при первом эпизоде параноидальной шизофрении / *Социальная и клиническая психология.* 2013. Т. 23. Вып. 1. С. 40-45.
5. Коротыш А.И., Терещенко М.Ф. Экспериментально-психологична діагностика латентної депресії у студентів / *International Scientific Journal* <http://www.inter-nauka.com/issues/2016/5/1203>.
6. Riley E.M.E., McGovern D., Mocker D. et al. Neuropsychological functioning in first episode psychosis – evidence of specific deficit / *Schizophr. Res.* 2000. Vol. 43. P. 47–55.
7. Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Д.П. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. – М.: Высшая школа, 1991.

8. Гузева В.И. Эпилепсия и неэпилептические пароксизмальные состояния у детей. — М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2007.
9. Зенков Л.Р., Ронкин. М.А. Функциональная диагностика нервных болезней. Руководство для врачей. — 3-е изд. — М.: МЕДпресс-информ, 2004.
10. Броун Т.Р., Холмс Г.Л. Эпилепсия. Клиническое руководство / пер. с англ. — М.: Изд-во БИНОМ, 2006.
11. Chang B.S., Ives J.R., Schomer D. L. / J. Clin. Neurophysiology. — 2002. — Vol. 19. — P. 152–154.
12. Гнездицкий В.В., Захаров С.М., Корепина О.С., Кошурникова Е.Е. Функциональная диагностика. — 2007. — № 4.
13. Jasper H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. EEG / Clin. Neurophysiol. 1958. N 10. P. 371.
14. Мельникова Т. С., Саркисян В. В., Гурович И. Я. / Характеристика альфа-ритма ЭЭГ при первом эпизоде параноидной шизофрении. — 2013, т. 23, №1.
15. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. — 6-е изд. стер.— М.: Высш. шк., 1999.— 576 с.
16. Поворинский А. Г., Заболотных В. А. Пособие по клинической электроэнцефалографии: АН СССР, Ин-т физиологии им. И. П. Павлова, Ленингр. ин-т усоверш. врачей-экспертов Минсобеса РСФСР — Л. : Наука : Ленингр. отд-ние., 1987. — 286 с.
17. Цокота М.В. Стержневый пьезокерамический ультразвуковой преобразователь / М.В. Цокота, Н.Ф. Терещенко, Г.С. Тымчик , Н.В. Чухраев // Материалы 8-й Международной научно-технической конференции « Приборостроение-2015» в 2 томах. Том 2., 2015 г., г. Минск, БНТУ, — 2015.- С. 158.
18. Леонов Б.И., Самосюк И.З., Чухраев Н.В., Аргюхов Ю.А. / Низкочастотная резонансная физиотерапия. Способы и средства. Резонансные принципы воздействия в медицинской реабилитации, физиотерапии и курортологии — НИИ «Мединтех», Киев. — 2006 г. — с. 148. — С. 108-137.