



УДК 616-073.7(045)

• © О.В. Булигіна, канд. техн. наук, доцент (НАУ)

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ПРОЦЕСІ ДІАГНОСТУВАННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Анотація. Проведена методика експериментальних досліджень факторів, що впливають на якість процесу вимірювання та постановки діагнозу при дослідженні психофізіологічного стану оператора. Встановлено, що розглядані фактори не мають аналітичного подання. Для їх кількісного оцінювання запропоновано інтегральний параметр, що враховує потужність сигналу ЕЕГ.

Ключові слова: біоритми, електроенцефалограф, кора головного мозку, психофізіологічний стан, достовірність.

Аннотация. Проведена методика экспериментальных исследований факторов, влияющих на качество процесса измерения и постановки диагноза при исследовании психофизиологического состояния оператора. Установлено, что рассмотренные факторы не имеют аналитического представления. Для их количественного оценивания предложен интегральный параметр, учитывающий мощность сигнала электроэнцефалографии.

Ключевые слова: биоритмы, электроэнцефалограф, кора головного мозга, психофизиологическое состояние, достоверность.

Annotation. Conducted a technique of experimental studies of factors that affect the quality of the measurement and diagnosis in the study of psycho-physiological state of the operator. It was found that the above factors do not have an analytic representation. For their quantitative evaluation, it has been proposed an integral parameter that takes into account strength of electroencephalography's signal.

Keywords: biorhythms, EEG, cerebral cortex, psychophysiological state, the accuracy.

Вступ

Для оцінювання психофізіологічного стану (далі – ПФС) оператора досліджується кора головного мозку з використанням електроенцефалографа (далі – ЕЕГ), який сприймає потенціали, вимірює їх, обробляє і видає інформацію про біоритми кори головного мозку (далі – КГМ). На разі основним завданням використання ЕЕГ є передусім виявлення або виключення ознак органічного ураження центральної нервової системи. Багатоетапність дослідження, присутність суб'єктивного фактору, неможливість формалізації деяких процедур не дозволяють кількісно оцінити ПФС операторів транспортних засобів. Задля досліджень в якості операторів екстремальних видів діяльності залучалися водії транспортних засобів, льотчики, полярники, спортсмени. Особлива увага приділялась водіям транспортних засобів, від ПФС яких залежить безпека руху, а також життя людей. Виявлення факторів, які впливають на якість вимірювання та обробки біоритмів КГМ оператора, дає змогу вносити коригувальні дії при організації дослідження, підвищуючи таким чином достовірність результатів, що є актуальною проблемою, наприклад, при проведенні профвідбору. До чинників, що впливають на якість діагностування ПФС оператора, належать: властивість об'єкту дослідження – оператор (м'язова активність, емоційний стан, вік, стать, неоднорідність опору шкірного покриву голови); особливість процесу визначення біопотенціалів (симетричність розміщення, еквідистантних електродів); умови проведення досліджень; застосування засобу вимірювання; обробка результатів; кваліфікація експерта. Зазначені чинники не мають аналітичного вираження, що призводить до суб'єктивізму діагностичного висновку. Для виключення суб'єктивізму та підвищення достовірності діагностування психофізіологічного стану оператора запропоновано використання кількісного інтегрального пара-

метру, який є еквівалентом енергії біоритму та пов'язаний з результатом електроенцефалограми. Використання даного інтегрального параметру може бути застосоване для оцінювання професійної придатності операторів, робота яких пов'язана з необхідністю мобілізації та концентрації психофізіологічних можливостей.

Постановка проблеми. Встановлено, що а сьогодні не вдається отримати об'єктивну інформацію щодо вирішення питань діагностування КГМ [1 – 5]. Для підвищення якості діагностування ПФС оператора із застосуванням ЕЕГ на основі аналізу факторів, що впливають на результат вимірювання біоритмів операторів транспортних засобів, запропонований кількісний інтегральний показник для виключення суб'єктивізму при діагностуванні ПФС зазначених операторів.

Метою роботи є розробка методики експериментальних досліджень впливу факторів, впровадження якої забезпечує підвищення достовірності діагностування психофізіологічного стану оператора транспортних засобів.

Основна частина

Базові складові методики експериментальних досліджень процесу оцінювання ПФС оператора транспортних засобів

1. Фактор “оператор”

Як відомо, виробнича ефективність операторів екстремальних видів діяльності, до яких належать водії транспортних засобів, суттєво залежить від визначення їх категорії темпераменту (сангвінік, холерик, меланхолік, флегматик). Оскільки об'єктом дослідження є КГМ, важливо враховувати такі фактори, як категорія темпераменту, рівень ПФС оператора, опір шкірної поверхні голови, зміни біоритмів протягом дня. Вимірювані сигнали КГМ мають стохастичний характер, який більшою мірою визначається ПФС оператора.



Свою чергою ПФС залежить від параметричних показників, психічного стану центральної нервової системи, фізіологічних показників тощо. Зазначені чинники визначають необхідність проводити класифікацію людей як за параметричними, фізіологічними, так і за психічними ознаками. Такий підхід дає змогу визначити і систематизувати параметри ригідності, що своєю чергою призводить до психофізіологічної індивідуалізації людини. Як показали дослідження [6], в цьому випадку істотно зростає достовірність результатів вимірювання біоритмів КГМ при проведенні діагностування психічного та фізіологічного станів окремо взятих частин мозку. В основу методики зазначеної класифікації покладено принцип розподілу операторів за категоріями темпераменту. Для досягнення цієї мети розроблені і практично використовуються спеціальні програми [6, 7]. Крім зазначеного, на достовірність результатів дослідження КГМ впливає фактор опору ділянок шкіри голови в місцях встановлення датчиків, неоднорідність опору якій спотворює реальну картину розподілу потенціалів. У біоелектричному полі КГМ, як відомо [8], проявляються дев'ять біоритмів, які між собою перекриваються як за амплітудою, так і по частоті. Цей факт ускладнює проведення експериментальних досліджень [8, 9].

2. Фактор “методика”

При розташуванні електродів на голові обстежуваного використовувати схеми відведення повинні відповідати основним вимогам. По-перше, у схемі відведення мають бути представлені всі основні відділи поверхні мозку; по-друге, електроди повинні розташовуватися симетрично щодо середньої лінії голови; по-третє, відстані між усіма сусідніми електродами повинні бути однаковими, оскільки різниця потенціалів залежить від розташування електродів. Така вимогливість пов'язана з впливом кліматичних умов і можливими змінами електромагнітного поля Землі.

3. Фактор “засіб вимірювання”

Вимірювальний канал ЕЕГ є складним технічним пристроєм, що включає пристрої сприйняття вимірювальної інформації, посилення, фільтрації, аналого-цифрового перетворення, а також пристрої обробки даних. Для сприйняття і перетворення біоритмів використовують спеціальні датчики, які за своїми характеристиками належать до абсолютно неполяризованих електродів. Ця особливість забезпечує необхідний рівень ефективності регенерації хлорсрібного електродомію біосигналів КГМ [4, 9]. При цьому на достовірність результатів вимірювання біоритмів впливають: виникнення електродних потенціалів і міжелектродної напруги; наявність ефекту поляризації; наявність електрокінетичного явища під час механічного переміщення датчиків. Різниця електричних потенціалів на поверхні голови має відносно невелику амплітуду, в нормі не перевищує 100-150 мкВ. Для реєстрації таких слабких потенціалів використовують підсилювачі з великим коефіцієнтом посилення (порядку 20000-100000). Виділений сигнал відповідного біоритму надалі піддається аналого-цифровому перетворенню, точність якого зумовлена його розрядністю, лінійністю характеристики і впливом температури навколишнього середовища. При цьому значимість експериментальних досліджень визначається кількістю експериментаторів.

4. Фактор “обробка результату”

Достовірність результатів залежить від ефективного використання методів обробки інформації. При цьому статистичні методи обробки ґрунтуються на тому, що фонова ЕЕГ має характер стаціонарності та стабільності. Надалі обробка біоритмів здійснюється з використанням перетворення Фур'є, що дає змогу отримати хвильові патерн-фонові ЕЕГ в частотній області та встановити розподіл потужностей за кожною частотною складовою. Також використання перетворення Фур'є дає змогу отримати низку характеристик біосигналів, таких як спектральна щільність, характер і час перехідного процесів. Беручи до уваги низьку частоту біосигналів та необхідність одночасного аналізу частотних і часових параметрів, застосовується вейвлет-перетворення. Таким чином, вибір відповідних методів обробки біопотенціалів підвищує інформативність вихідних сигналів ЕЕГ, тобто діагностичну значимість, що є важливим моментом при формуванні діагностичного висновку.

5. Фактор “експерт”

Згідно з рекомендаціями [10] Міжнародної федерації товариств електроенцефалографії та клінічної нейрофізіології основним медичним документом по ЕЕГ є клініко-електроенцефалографічний висновок, написаний сертифікованим фахівцем вищої кваліфікації. Спеціаліст-експерт є заключною ланкою в оцінюванні результату досліджень. Його кваліфікація, практичний досвід і суб'єктивні характеристики очевидно впливають на достовірність, пов'язану з формулюванням діагностичного висновку.

6. Фактор “методичний підхід”

Біоритми є квазістаціонарними сигналами і мають стохастичний характер. Для визначення параметрів такого сигналу, використовуючи перетворення Фур'є, можна встановити інтегральний параметр, який буде еквівалентний енергії біоритму. Його можна представити як площу під огинаючою кривою спектральної потужності сигналу. При дослідженні психофізіологічного стану оператора випадковим процесом $x(t)$ є флуктуація напруги ЕЕГ, що відслідковує зміну біоритмів під час експерименту. Тому величина $S_x(f)$ матиме розмірність енергії. Енергія випадкового процесу, яким є сигнал ЕЕГ, згідно з теоремою Парсеваля, має вигляд виразу:

$$E_x = \int_{-\infty}^{+\infty} |x(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |X(f)|^2 df,$$

де функція $|X(f)|^2 = S_x(f)$ – спектральна щільність, що характеризує розподіл енергії реалізації випадкового процесу за віссю частот. Спектральна щільність випадкового процесу, за теоремою Вінера-Хинчина, може бути визначена як перетворення Фур'є від кореляційної функції:

$$S_x(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} k_x(\tau) \cdot e^{-j2\pi f\tau} d\tau.$$

При допущенні $f = 0$ і $\tau = 0$, отримуємо $S_x(0) = \int_{-\infty}^{+\infty} k_x(\tau) d\tau$ або $\sigma_x^2 = k_x(0) = \int_{-\infty}^{+\infty} S_x(f) df$. Таким чином, дисперсія σ_x^2 визначає повну енергію такого сигналу, якому відповідає площа під кривою спектральної потужності.

7. Результати експериментальних досліджень

Для кількісного інтегрального оцінювання професійної придатності операторів транспортних засобів



було введено відносний показник $\theta = \frac{P_{cn}}{P_{zb}}$, що відповідає відношенню певних енергій сигналів α -ритму, отриманих в спокійному (фоновому) стані та під час збудження оператора, який в надалі названо коефіцієнтом енергетичної стійкості.

Застосування відносного показника суттєво зменшує вплив систематичної похибки електроенцефалографії, а також підключення електродів. В якості коефіцієнта професійної придатності оператора будемо використовувати співвідношення $\eta = 1 - \theta$, яке буде наближатися до нуля чим менше оператор придатний для роботи в екстремальних умовах. При цьому професійна придатність оператора залежить не від його вихідного психофізіологічного стану, а від можливості мобілізувати енергетичні ресурси при виникненні екстремальної ситуації.

Результати, отримані за один цикл, використовуються для обчислення площин спектральної щільності P_{cn} і P_{zb} , які використовуються для розрахунку вихідних значень енергетичної стійкості θ_{ijk} .

Розрахунки проводилися відповідно до етапів розробленої методики проведення експерименту. Кожний етап було спрямовано на визначення впливу відповідної величини при оцінюванні професійної придатності. Враховуючи зазначене, в подальшому представимо результати експериментальних досліджень під впливом основних факторів.

Результати експериментальних досліджень під впливом фактору "оператор". Визначення впливу зміни біоритмів оператора протягом дня, що простежується в розкиді значень для i -го оператора в j -ий день при k -ому циклі θ_{ijk} . Варіація, обумовлена зміною емоційно-психологічного стану під впливом діючих випадкових зовнішніх і внутрішніх величин, буде:

$$Var(\theta_{ijk}) = \sum_{k=1}^{N_1} (\theta_{ijk} - \bar{\theta}_{ij})^2 / (N_1 - 1),$$

де $\bar{\theta}_{ij} = \frac{1}{N_1} \sum_{k=1}^{N_1} \theta_{ijk}$ – середнє значення коефіцієнтів енергетичної стійкості, отриманих протягом j -того дня за N_1 циклів випробувань.

Результати експериментальних досліджень під впливом фактору "методика". Виявлення розсіювання коефіцієнта енергетичної стійкості, обумовлене впливом кліматичних умов, електромагнітного поля Землі, інтенсивності сонячного випромінювання тощо. Для цього експеримент проводився N_2 дні, і кожного дня здійснюється N_1 цикл випробувань.

$$Var(\bar{\theta}_{ij}) = \sum_{j=1}^{N_2} (\bar{\theta}_{ij} - \bar{\theta}_i)^2 / (N_2 - 1),$$

де $\bar{\theta}_i = \frac{1}{N_2} \sum_{j=1}^{N_2} \bar{\theta}_{ij}$ – середнє значення "денних" коефіцієнтів енергетичної стійкості, отриманих протягом для N_2 днів експерименту.

Результати експериментальних досліджень визначеної множини задіяних операторів спрямовано на встановлення розсіювання осередненого емоційно-психологічного стану операторів, віднесених до одного класу, але кожний з них має свої індивідуальні властивості. Оскільки до експерименту було залучено N_3 операторів, то:

$$Var(\bar{\theta}_i) = \sum_{i=1}^{N_3} (\bar{\theta}_i - \bar{\theta})^2 / (N_3 - 1),$$

де $\bar{\theta} = \frac{1}{N_3} \sum_{i=1}^{N_3} \bar{\theta}_i$ – середнє значення коефіцієнтів енергетичної стійкості, обчисленого за даними, отриманих протягом всього експерименту (з усіма операторами).

Зазначені результати покладені у розрахунок нормованих значень щодо надання рекомендацій з приводу визначення рівня професійної придатності операторів транспортних засобів.

Враховуючи кількісні значення коефіцієнту енергетичної стійкості для водія транспортного засобу встановлено, що ефективність його виробничої діяльності може бути досягнута при значенні $\theta_{ijk} = 0,5085$ і менше та визначена категорія темпераменту "сангвінік". Для операторів інших видів категорій темпераменту коефіцієнту енергетичної стійкості θ_{ijk} буде збільшуватись.

Висновки

1. При проведенні досліджень психофізіологічного стану оператора істотний вплив на достовірність результатів вносять чинники, які не мають формального аналітичного опису.

2. Для кількісного оцінювання психофізіологічного стану оператора, пов'язаного з результатом електроенцефалографії, запропоновано інтегральний показник, представлений у вигляді енергії біоритмів кори головного мозку, застосування якого виключає суб'єктивізм і підвищує достовірність результату діагностування психофізіологічного стану оператора транспортних засобів.

3. Запропоновано етапи розробки застосування методики експериментальних досліджень процесу впливу факторів на оцінювання професійної придатності операторів транспортних засобів.

4. Отриманно значення коефіцієнту енергетичної стійкості для операторів автотранспортних засобів, що дає змогу реалізувати процес визначення професійної придатності операторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nunez, P.L. Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of the EEG. N-Y: Oxford University Press [Text], 1991. – 197 p.
2. Бондаренко, М.Ф. Анализ взаимосвязей биоритмов головного мозга [Текст] / М.Ф. Бондаренко, С.Г. Золкин, Е.Н. Малокуцко // Искусственный интеллект. – 2006. – № 1. – С. 3–10.
3. Викторов, В.А. Принципиальные вопросы создания и производства приборов и комплексов для психофизиологических исследований [Текст] / В.А. Викторов, В.П. Гундаров, Е.П. Матвеев. – Медицинская техника. – 1997. – № 2. – С. 4-7.
4. Бейгул, Е.А. Приборы и аппараты медицинские [Текст] / Е.А. Бейгул, Т.В. Горелова, Ю.Н. Завьялов и др. – М: Информ-прибор. – 1990. – 152 с.
5. Lacey, I. Somatic response [Text] / I. Lacey // Psychological stress. – N.-Y., 1967. – P. 14-37.
6. Ларри Хьелл. Теории личности: основные положения, исследования и принципы [Текст] / Ларри Хьелл, Дэниел Зиглер. – М: Питер, 2008. – 606 с.
7. Айзенк, Г.Ю. Проверьте свои интеллектуальные способности [Текст] / Айзенк Ганс Юрген. – Рига: Виеда, 1992. – 176 с.
8. Булигіна, О.В. Концептуальна модель оцінювання психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності [Текст] / О.В. Булигіна, В.Г. Гамов. – К.: Вісник ЦНЦ ТАУ, 2010. – С.165-168
9. Прайор, П.Ф. Мониторный контроль функций мозга [Текст] / Памела Ф. Прайор. – М.: Медицина, 1982. – 327 с.
10. Recommendations for the Practice of Clinical Neurophysiology: Guidelines of the IFCN, 1999. [Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.clinph-journal.com/content/guidelinesIFCN>].