

ПРИКЛАДНІ ДОМЕНИ І ПРИКЛАДНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

УДК 167.23:612.821(045)

**Гордєєв А.Д.**

**Національний авіаційний університет**

# **ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРОЦЕСУ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ**

*Висвітлено аспекти побудови розробленої інформаційної технології професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності, яка основана на процесі ідентифікації психофізіологічного стану організму зазначених операторів. Запропонована інформаційна технологія базується на визначенні професійної придатності за допомогою психологічного тестування та комп'ютерного аналізу результатів електроенцефалограми. Для реалізації поставленої мети розроблено програмний продукт в середовищі MatLab та спроектовано базу даних. Розроблену інформаційну технологію експериментально реалізовано на базі кафедри Біокібернетики та аерокосмічної медицини Національного авіаційного університету, а також апробовано під час професійного відбору полярників української антарктичної станції ім. «Академік Вернадський».*

*Освещены аспекты построения разработанной информационной технологии профессионального отбора операторов экстремальных видов деятельности, основанной на процессе идентификации*

*психофизиологического состояния организма указанных операторов. Предложенная информационная технология базируется на определении профессиональной пригодности с помощью психологического тестирования и компьютерного анализа результатов электроэнцефалограммы. Для реализации поставленной цели разработан программный продукт в среде MatLab и спроектирована база данных. Разработанную информационную технологию экспериментально реализовано на базе кафедры Биокібернетики и аэрокосмической медицины Национального авиационного университета, а также апробировано во время профессионального отбора полярников украинской антарктической станции им. «Академик Вернадский».*

*In article are presented the aspects of building the information technology (IT) developed for professional recruiting of operators in extreme activities, based on the identification of psycho-physiological state of these operators' body. The proposed IT is based on the definition of professional competence by using the psychological testing and computer analysis of EEG results. To achieve this goal developed special software in MatLab and designed database. The information technology is realized experimentally at the Department of Biocybernetics and Aerospace Medicine the National Aviation University, as well as approbated during the professional recruiting of polar explorer for ukrainian antarctic station them. "Akademik Vernadsky".*

**Keywords:** *information technology, psychophysiology, the identification process, EEG.*

## **Постановка проблеми**

В сучасному світі є потреба якісного і швидкого оцінювання психофізіологічного стану (ПФС) здоров'я операторів екстремальних видів діяльності, наприклад, льотчиків, полярників, спортсменів, водіїв та інші. Країнами світу витрачаються значні зусилля та кошти для якісного професійного відбору операторів

екстремальних видів діяльності (ОЕВД) [1]. Оцінювання професійної придатності ОЕВД можна реалізовувати на етапах підготовки, контролю перед виконанням професійних обов'язків, контролю процесу реабілітації операторів.

Для реалізації ефективного процесу оцінювання ПФС організму операторів екстремального виду

діяльності на етапах професійного відбору запропоновано інформаційну технологію, яка оснований на оцінюванні психологічних та фізіологічних показників організму оператора.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням психофізіологічного відбору та розробки інформаційних технологій професійного відбору операторів екстремального виду діяльності займаються як вітчизняні [1, 2, 3], так і зарубіжні [4] вчені.

Ефективність використання кількісних характеристик біосигналу для діагностики кори головного мозку та організму в цілому показують дослідження таких авторів як Поворинський А.Г. [5], Сівер Д. [6], Яхно Н.Н. [7]. Ломов Б.Ф. виділяє електроенцефалограф як один із ефективних засобів оцінювання психофізіологічного стану організму в процесі професійної діяльності операторів [2]. Бодров В.А. вказує на ефективне використання електроенцефалографу разом з експериментально-психологічним обстеженням для діагностування та прогнозування професійної придатності льотчиків [1].

Останні результати досліджень, які доводять кореляційні залежності між психотипом оператора та вираженістю біоритмів кори головного мозку [8, 9], показують перспективність побудови сучасних інформаційних технологій професійного відбору операторів оснований не тільки на оцінюванні фізіологічних характеристик оператора, але й психологічних. Вказаний підхід дозволяє підвищити інформативність щодо психічної індивідуальності досліджуваного оператора.

Останні дослідження [10, 11, 12, 13], які реалізовані на базі кафедри Біокібернетики та аерокосмічної медицини Національного авіаційного університету, показують ефективність процесу оцінювання психофізіологічного стану організму операторів екстремальних видів діяльності за допомогою новітнього комплексу – кефалоенцефалографу.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Завдяки розвитку інформаційно-діагностичної галузі науки методика реалізації професійного відбору потребують застосування сучасних інформаційних технологій.

**Мета статті.** Головною метою статті є висвітлення аспектів побудови розробленої інформаційної технології професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності, яка оснований на раніше розробленій методиці реалізації експериментальних досліджень.

**Виклад основного матеріалу.** На основі результатів дослідження вчених (Павлов, Сеченов, Шмальгаузен та ін.) кафедрою Біокібернетики та аерокосмічної медицини побудовано концептуальну модель взаємодії психіки та фізіології організму людини, основні аспекти якої полягають в наступному. Лімбічна система мозку за допомогою інтероцептивних шляхів інтегрує в собі інформацію щодо роботи організму на рівні фізіології та психіки людини. Ця інформація за допомогою гістамін-енергетичних шляхів та висхідних нервових шляхів відображається на роботі вестибулярного апарату та кори головного мозку відповідно. В свою чергу, лімбічна система забезпечує контроль та регуляцію гомеостазу організму людини. Процес підтримки гомеостазу відображається на роботі енергетичного поля людини, яке фізично можна оцінити реєструючи показники біопотенціалів, температури, стану психіки. Таким чином, організм людини являє собою цілісну систему взаємодії інформаційно-енергетичних полів (ІЕП), процеси змін якої можна зареєструвати в біопотенціалах головного мозку та зміні положення вертексу тіла людини.

Для реєстрації роботи вестибулярного апарату та біосигналів кори головного мозку людини на базі кафедри було розроблено новітній засіб – кефалоенцефалограф, який являється поєднанням існуючих засобів: кефалографу та електроенцефалографу. Методи обробки отриманих фізіологічних, а також психологічних даних дозволили розробити цілісну інформаційну технологію для професійного відбору операторів. Враховуючи, що збір та обробка великої кількості інформації являється витратним процесом, інформаційна технологія націлена на створення моделі процесу зміни психофізіологічних параметрів організму операторів, для реалізації функцій прогнозу ПФС організму операторів. Побудова вказаної моделі можлива із застосуванням методів Монте-Карло.

Враховуючи зазначене, для реалізації поставленої мети розроблено інформаційну технологію, яка складається з двох основних етапів: визначення психологічної профпридатності оператора та визначення профпридатності на основі фізіологічних параметрів організму оператора. Представлена інформаційна технологія включає в себе наступні методи та підходи до збору на обробки інформації:

- методику реалізації комплексного експерименту;

- збереження та обробка соціальних та антропометричних даних оператора;
- збереження та обробка кефалографічних даних;
- збереження та обробка електроенцефалографічних даних;
- збереження та обробка результатів класифікації операторів;
- збереження та обробка біологічних аналізів;
- інтеграція результатів обробки отриманих даних для визначення рівня профпридатності оператора;
- прогнозування ПФС організму оператора на основі зібраних та оброблених даних.

Для проектування якісного експерименту з реєстрації біопотенціалів необхідно проаналізувати фактори впливу апаратного тракту приладів тому, що якість вимірювання біопотенціалів впливає на процес діагностування порушень в роботі ІЕП людини. При цьому необхідно враховувати, що біосигнали, які несуть інформацію від лімбічної системи та реєструються на поверхні скальпу, проходять через покрови голови (лімфа, череп, шкіра), що зменшує амплітуди сигналів вимірюваних на скальпі в 10-15 раз в порівнянні з вимірюваннями біосигналів безпосередньо на поверхні кори головного мозку (КГМ), а також високочастотні складові біосигналів послаблюються значно сильніше ніж низькочастотні при проходженні через покрови голови. Крім цього невірна орієнтація та накладання електродів на скальпі людини впливає на фазність вимірюваних сигналів, що також частково спотворює кінцеву інформацію щодо стану ІЕП людини.

Апаратний тракт сучасного цифрового електроенцефалографу складається з наступних основних блоків: датчики, блоків підсилення, блок фільтрації, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Кожен блок вносить свої спотворення первинного біосигналу ще до передачі його на комп'ютер і подальшій обробці.

Серед сучасних датчиків найкращу амплітудно-частотну та динамічну характеристику мають саме хлор-срібняні датчики, проте якість їх вимірювання вхідного сигналу обмежено частотним діапазоном  $f_{дат}=(0\div 100)$  Гц.

Наступним блоком ЕЕГ через який проходить вимірюваний сигнал являється блок підсилення, який крім своєї основної функції підсилення виконує функцію послаблення синфазного сигналу. У більшості досліджених вітчизняних ЕЕГ коефіцієнт послаблення синфазного сигналу (КПСС) складає більше 80 дБ, а рівень

шумів на вході біопідсилювачів може досягати 8 мкВ/мм, що для порівняння зі стандартним рівнем амплітуди альфа-ритму  $U_{\alpha}=(20\div 50)$  мкВ суттєво спотворює вимірювання. Частотний діапазон передачі сигналів без спотворень досліджених електроенцефалографів складає не більше  $f_{підс}=(0\div 75)$  Гц, а в деяких випадках досягав значень  $f_{підс}=(0\div 35)$  Гц.

Блок фільтрації складається з наступних фільтрів: режекторний фільтр ( $f_{реж}=45\div 55$  Гц), фільтр високої частоти ( $f_{ФВЧ}>0,16$  Гц) та фільтр низької частоти ( $f_{ФНЧ}<100$  Гц). Діапазон ФНЧ сконструйовано таким чином, щоб обмежувати робочий діапазон датчиків, а також подавляти артефакти руху м'язів людини. Частіше використовують поєднання режекторного фільтру разом з АЦП, наприклад сігма-дельта АЦП, в якому відбувається затухання промислових частот ( $f_{реж}$ ).

У більшості вітчизняних ЕЕГ блок АЦП має частоту дискретизації сигналу  $f_{д}=200$  Гц, що являється недостатнім для сучасних досліджень швидкоплинних процесів КГМ, таких як викликані потенціали за допомогою світла, звуку, малюнку, які найкраще характеризують стан роботи лімбічної системи людини. Найкращим варіантом було б застосування АЦП з частотою дискретизації сигналу  $f_{д}=400$  Гц при збереженні інших характеристик АЦП, що можливе при сучасному розвитку техніки.

Для реалізації програмного продукту до запропонованої інформаційної технології було обрано за основу середовище програмування MatLab, яке дозволяє реалізувати якісний GUI, необхідний рівень процесу обробки даних, зв'язок з розробленою базою даних (БД) та базою знань (БЗ), а також різноманітну візуалізацію результатів обробки даних.

При розробці програмного забезпечення (ПЗ) інформаційної технології, яке пов'язане з вирішенням технічних завдань поставлених технічному працівнику медиком-спеціалістом, важливо враховувати, що медику-спеціалісту має бути забезпечено засіб, який полегшує його роботу прийняття рішення щодо професійної придатності, а не приймає рішення замість нього. Враховуючи зазначене, запропоноване ПЗ побудоване на системі інформативних порад медику-спеціалісту щодо вирішення питання професійного відбору оператора.

З метою підвищення якості реєстрації біомедичних даних, що в свою чергу збільшує інформативність сигналів при оцінюванні ПФС організму операторів, було розроблено спеціальну методику реалізації експериментальних досліджень. Провівши

інженерний аналіз, виявлено, що оптимальним періодом для реалізації експериментів являється 12-13 година дня (дві години після сніданку та година до обіду). Перед початком експериментального дослідження оператору необхідно забезпечити необхідні і достатні умови реалізації експериментальних досліджень, а саме:

- лабораторія та апаратура для реалізації дослідження має бути в належному технічному стані;
- для зменшення психофізіологічного дискомфорту оператора лабораторія має бути обладнана ергономічним устаткуванням для експерименту (спеціальне крісло, зручними стільцями, столом, сучасним комп'ютером)
- перед реалізацією дослідження оператору пояснюють суть експерименту, вказують на його нешкідливість та безболісність, викладають загальний порядок процедури і вказують приблизну тривалість експерименту;
- напередодні дослідження оператору припиняють давати медичні препарати, які б могли викликати зміни в психофізіологічному стані організму оператора.

Для реалізації збору інформації щодо індивідуальних особливостей оператора розроблено та впроваджено спеціальну картку оператора, яка включає в себе реєстрацію соціальних та антропометричних даних. Для полегшення процесу заповнення карточки оператора вікно карточки візуально розбито на три області, а саме: соціальні дані, антропометричні дані, дані щодо професії. Основні елементи карточки виділено яскравим кольором та виконано за допомогою випадючих меню, які містять варіанти

можливих відповідей. Для прискорення процесу заповнення карточки реалізовано можливість перемикання між елементами вікна за допомогою клавіші <TAB>. Зібрана інформація дозволяє реалізувати класифікацію та професійний відбір оператора на основі психологічних підходів.

Методика класифікації операторів забезпечує визначення категорії темпераменту та оцінювання параметрів ригідності за допомогою психологічних тестів, основаних на кількісних параметрах. Реалізований підхід дозволяє групувати операторів на даному етапі розробленого програмного продукту за 36-ма типами ригідності.

Методика психологічного тестування виконується одноразово та має тривалість близько 30 хвилин. Зазначена методика забезпечена трьома відомими психологічними тестами, та двома антропометричними показниками а саме:

- тест "Айзенка" (EPQ);
- тест "Томського опитувальника ригідності Залевського" (ТОРЗ);
- тест "Стан активність настроїв" (САН);
- показник Кетеле;
- показник Трохантерного індексу.

На основі зазначеного комплексу тестів розроблено модель процесу психологічної класифікації та визначення рівня психологічної профпридатності ( $Q_{pr}$ ) оператора, яку представлено на рисунку 1, де  $P_1$  – тип темпераменту,  $P_2$  – рівень ригідності,  $N$  – номер типу ригідності оператора,  $Fis$  – фізіологічні характеристики оператора,  $K$  – показник Кетеле,  $T$  – трохантерний індекс,  $Q_{pr}$  – рівень профпридатності.

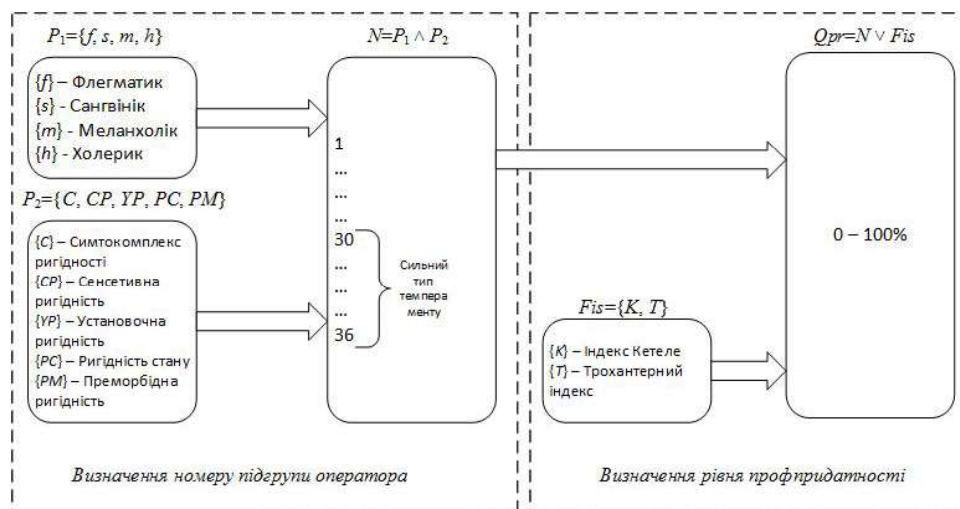


Рис. 1. Загальна модель психологічної класифікації та визначення рівня психологічної профпридатності оператора



На основі порівняння отриманого номеру типу ригідності оператора із зібраними даними бази знань (враховуючи професію оператора) реалізовано попередні рекомендації щодо професійної придатності операторів. Попередні дослідження показали, що номери типу ригідності (N) в проміжку 30-36 відповідають операторам екстремальних видів діяльності, тобто чим менше номер типу ригідності тим менша пристосованість оператора до екстремальних видів діяльності. Тому, реалізуючи аналіз антропометричних показників (Fis) з врахуванням номеру типу ригідності досягається кількісне оцінювання параметру психологічної профпридатності ( $Q_{pr}$ ), який інформує медика-спеціаліста про ступінь придатності оператора до виконання професійних обов'язків в екстремальних умовах. САН тест забезпечує додатковий канал інформації лікарю-спеціалісту для визначення суб'єктивного показника загального психофізіологічного стану організму оператора, який може свідчити, наприклад, про рівень достовірності відповідей під час тестування та про рівень психофізіологічної готовності оператора до виконання своїх професійних обов'язків.

На етапі визначення психологічної профпридатності медику спеціалісту надається додаткова інформація для прийняття коректного рішення щодо професійної придатності оператора, а саме:

- автоматичний аналіз середнього часу відповіді на тести EPQ, TOP3 з урахуванням попередніх результатів для обраної професії оператора;
- автоматичний аналіз шкал "брехні" та "реальності";
- автоматичний аналіз шкал тестів EPQ, TOP3 з урахуванням попередніх результатів для обраної професії оператора;
- можливість ручного аналізу часу на кожну відповідь в тесті з графічною інтерпретацією.

Методика збору інформації за допомогою кефалографії потребує стати оператора в позу Ромберта без взуття, а сам запис кефалограми відбувається в трьох режимах:

- "відкриті очі";
- "закриті очі";
- "відкриті очі".

Запропонована методика має мету забезпечити виникнення динамічних перехідних процесів на рівні лімбічної системи оператора. Результати записів зберігаються в БД, а обробка даних дозволяє отримати коефіцієнт

кефалографії ( $P_{keg}$ ), який має свої нормовані значення для операторів різних типів ригідності.

Методика збору інформації за допомогою електроенцефалографа дозволяє отримати записи сигналів стаціонарного та перехідного процесів. Отримані сигнали (стаціонарний запис та перехідний процес окремо) обробляються в запропонованій інформаційній технології за одним із декількох методів. Алгоритм одного із методів має наступні етапи:

- Сигнал стаціонарного запису та перехідного процесу розбиваються на шматочки, які можуть вважатись квазі-стаціонарними.

- Отримані квазі-стаціонарні сигнали піддаються спектральному аналізу за допомогою методики швидкого перетворення Фур'є та отримуються спектральні щільності потужності (СЩП) сигналів стаціонарного запису та перехідного процесу.

- Отримані сигнали СЩП для обох режимів запису усереднюються по амплітуді відносно досліджуваного каналу електроенцефалограми.

- Розраховується ряд параметрів на основі усередненого сигналу СЩП для кожного каналу фонового запису та перехідного процесу.

- Отримані кількісні параметри сигналу СЩП порівнюються з такими ж параметрами розрахованими раніше на основі багаторазових вимірювань для оператора за певним номером типу ригідності (з врахуванням професії оператора), який зберігається у базі даних системи прийняття рішень. На основі порівняння отриманих результатів отримується кількісний результат оцінювання психофізіологічного стану організму оператора ( $Q_{eeg}$ ), який інформує медика-спеціаліста про ступінь придатності оператора до виконання професійних обов'язків в екстремальних умовах.

В якості додаткового каналу інформації щодо підтвердження адекватності ПФС організму операторів до оцінених даних в ПЗ впроваджено збір та аналіз результатів біологічних аналізів (кров, сеча), всього за 54-ма параметрами. Збір такого виду інформації являється витратним процесом, тому розробка інформаційної технології націлена на створення моделі процесу змін параметрів, які корелюють зі зміною ПФС організму операторів. Побудова такої моделі можлива із застосуванням методів Монте-Карло.

Таким чином, ідентифікація професійної придатності оператора та поточного ПФС організму оператора реалізовано на основі психологічного тестування, засобу кефалоенцефалграфа та біологічних аналізів операторів. Для забезпечення якісного збереження великого масиву даних запропонована інформаційна технологія має спеціально розроблену БД та БЗ.

Розроблена БД дозволяє зберігати результати реалізації кожного етапу запропонованої інформаційної технології на основі СУБД MySQL. Запропонована СУБД має наступні основні властивості, які повністю задовольняють потреби до реалізації зазначених біомедичних досліджень: GNU ліцензія, реляційність, захист інформації, масштабованість, реплікативність та ін.. Інтеграцію MySQL з середовищем MatLab реалізовано за допомогою інтерфейсу ODBC.

Збереження результатів кожного етапу професійного відбору відбувається автоматично в БД та в ручному режимі для БЗ. Враховуючи, що професійний відбір оператора реалізовується за допомогою персонального комп'ютера медика-спеціаліста, то візуалізація результатів відбору обмежена лише результатами психологічного та фізіологічного тестування без рекомендацій щодо відбору

оператора. Для включення рекомендацій медику-спеціалісту та занесенню даних щодо відбраного оператора до БЗ медику-спеціалісту необхідно пройти авторизацію за допомогою PIN-коду.

Для прикладу роботи запропонованої інформаційної технології для процесу професійного відбору оператора під час реабілітації представлено наступні результати. Як було зазначено вище, реалізовані експериментальні дослідження показали, що на етапі психологічного відбору ОЕВД існує тенденція у визначенні високого номеру типу ригідності оператора ( $N$ ), низького рівня ригідності ( $P_2$ ) та, як наслідок, високого рівня професійної придатності ( $Q_{pr}$ ) для різних професій, який свідчить про ефективний відбір операторів до виконання своїх професійних обов'язків. У таблиці 1 представлено усереднені результати психофізіологічного відбору ОЕВД різних професій (льотчики, полярники, спортсмени), які пройшли професійний відбір за допомогою запропонованої інформаційної технології. Для порівняння показників операторів-екстремалів із операторами неекстремального виду діяльності в таблиці 1 представлено усереднені результати психофізіологічного тестування студентів університету.

Таблиця 1

Усереднені результати позитивного психологічного відбору ОЕВД

Професія оператора	Середньостатистичний тип темпераменту для професії	Середньостатистичний рівень ригідності для професії	Середньостатистичний номер підгрупи ( $N$ ) для професії, №	Середньостатистичні результати САН тесту, бал (максимум 7)	Середньостатистичний коефіцієнт кефалографії ( $P_{kfg}$ )
1	2	3	4	5	6
Полярник	Сангвінік	Низький рівень ригідності	32	6,1	2,21
Спортсмен	Сангвістично-холеричний	Помірний рівень ригідності	31	6,1	1,56
Льотчик	Сангвінік	Помірний рівень ригідності	35	6,3	1,89
Студент університету	Холерично-сангвістичний	Високий рівень ригідності	18	5,5	2,89
Нормовані значення параметрів для операторів-екстремалів	[Флегматик ÷ Сангвінік]	[Низький ÷ Помірний рівень ригідності]	[30 ÷ 36]	[6,0 ÷ 7,0]	[0 ÷ 2,5]

Колонки №№1-4 таблиці 1 являються усередненими значеннями параметрів для психологічного відбору та використовуються для попередніх рекомендацій щодо оцінювання професійної придатності ОЕВД. Відхилення отриманих результатів психологічного тестування для потенційно профпридатного оператора від зазначених усереднених значень таблиці 1 може свідчити про неготовність даного ОЕВД до виконання своїх професійних обов'язків, або підвищений рівень ризику при допуску оператора до виконання своїх професійних обов'язків. Відхилення параметрів колонок №№5-6 таблиці 1 від усереднених значень може свідчити про поточне відхилення в психофізіологічному стані організму оператора. Наприклад, результати психологічного тестування полярника, який має дизфункції депресивного стану нервової системи має наступні показники: тип темпераменту – «Сангвістично-холеричний»; рівень ригідності – дуже високий; номер підгрупи – 32; бал САН тесту – 5,6; коефіцієнт кефалографії – 4,95.

Загальний рівень профпридатності ( $Q_{pr}$ ) операторів-полярників в результаті остаточного позитивного професійного відбору досягав рівнів: 78-92%, а рівень профпридатності зазначеного оператора, що має виявлену дизфункцію організму приймав значення 72%.

Для оцінювання ПФС організму оператора під час процесу професійного відбору за допомогою електроенцефалографа використовується ряд кількісних параметрів (таблиця 2), які розраховуються в процесі ідентифікації рівня ПФС організму операторів ( $Q_{eeg}$ ) на основі сигналів СЦП ЕЕГ (рис. 2). На рисунку 2 чорним кольором позначено усереднені значення СЦП здорових операторів-полярників, а червоним кольором позначено СЦП оператора-полярника фізіологічний стан якого ідентифікує програма (оператор, результати психологічного тестування якого вказано вище). Усереднені значення СЦП ЕЕГ (чорна крива) розраховано для операторів типу темпераменту «Сангвістично-холеричний» та 32-го типу ригідності.

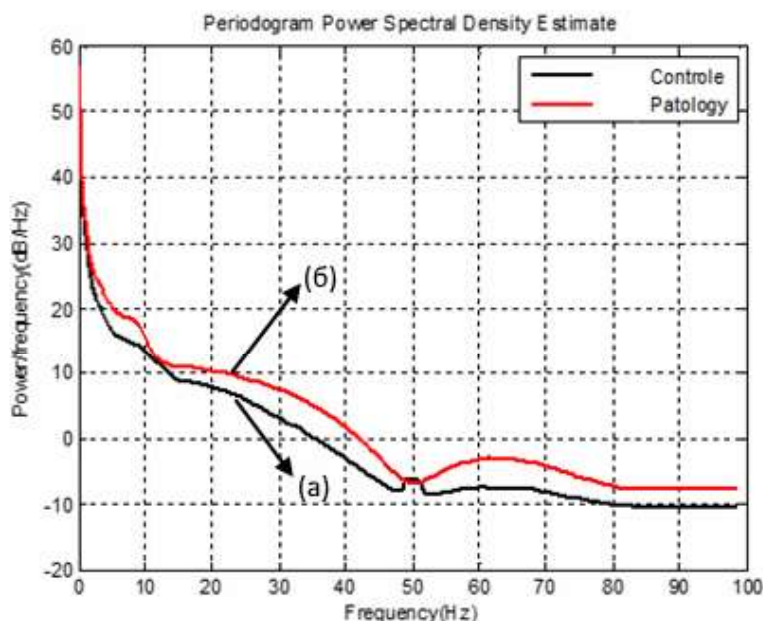


Рис. 2. Графік спектральної щільності потужності фонового сигналу каналу  $Fp1$ : а) – усереднений графік СЦП операторів без дизфункцій, б) – графік СЦП оператора з дизфункцією

В таблиці 2 колонка №2 вказано усереднені кількісні параметри в процесі ідентифікації ПФС організму оператора за допомогою СЦП фонові електроенцефалограми. В колонці №3 вказано значення параметрів для оператора, що має діагностований депресивний стан нервової системи. Загальний рівень результату

оцінювання психофізіологічного стану організму ( $Q_{eeg}$ ) ОЕВД в результаті остаточного позитивного професійного відбору досягав рівнів: 75-88%, рівень психофізіологічного стану організму ОЕВД, що має виявлену дизфункцію організму приймав значення 68%.

Таблиця 2

Усереднені значення параметрів процесу ідентифікації ПФС

Параметр	Нормовані значення параметру	Значення параметру для оператора з дизфункцією ПФС організму
1	2	3
Різниця площ під кривими $S_{іден} = S_1 - S_2$	[100,00 ÷ 150,00]	269,12
Відношення площ під кривими $Q_{іден} = S_1 / S_2$	[0,94 ÷ 0,99]	0,9287
Середньоквадратична помилка між кривими $MSE_{іден} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{1i} - y_{2i})^2}{N}$	[0,60 ÷ 5,00]	11,6485

Підтвердження адекватності результатів процесу ідентифікації ПФС організму операторів в запропонованій інформаційній технології забезпечено біологічними аналізами (кров, сеча) для яких медики-спеціалісти визначили нормовані кількісні показники. Для прикладу в таблиці 3 представлено нормативні

діапазони кількісних значень біологічних аналізів для найбільш чутливих показників, що ідентифікують зміну ПФС організму людини та усереднені результати зазначених біологічних аналізів отриманими полярниками під час професійного відбору, які потрапили у вказані діапазони норми.

Таблиця 3

Порівняння експериментальних біологічних показників крові операторів

Показник	Нормовані діапазони показника	Усереднені значення операторів-полярників, $M_x \pm SKB$
Гематокрит (HCT), %	36 ÷ 48	44,06 ± 2,76
Еритроцити (RBC), *10 <sup>12</sup> /л	3,9 ÷ 5,5	4,87 ± 0,39
Тромбоцити (PLT), *10 <sup>9</sup> /л	200 ÷ 400	239,08 ± 33,51
Лейкоцити (WBC), *10 <sup>9</sup> /л	4 ÷ 8,8	5,93 ± 1,02
Сечовина, мкмоль/л	1,71 ÷ 8,3	4,77 ± 1,60
Холестерин, ммоль/л	3,87 ÷ 6,71	4,48 ± 0,65
Глюкоза, ммоль/л	3,89 ÷ 7,8	5,24 ± 0,52

Отримані результати біологічних показників та результати кефалографії додатково підвищують адекватність розробленої інформаційної технології. Запропонована інформаційна технологія розроблена таким чином, щоб підвищувати інформативність показників, які відповідають за професійний відбір операторів та реабілітацію операторів з ростом накопиченої інформації в базі знань. На даний момент запропонований програмний продукт пройшов апробацію при професійному відборі та реабілітації полярників антарктичної станції України ім. «Академік Вернадський», а також проходить апробацію в Національному інституті хірургії та трансплантології ім. О.О. Шалімова. Для покращення системи прийняття рішень та ідентифікації психофізіологічного стану організму операторів екстремальних видів діяльності планується реалізація прогностичного аналізу на основі методу Монте-Карло.

### Висновки

- Розроблено інформаційну технологію для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності;
- Розроблено методику професійного відбору операторів екстремального виду діяльності із класифікацією операторів за психотипом, застосуванням кефалоенцефалографа та біологічних аналізів організму;
- Розроблено та апробовано програмне забезпечення ідентифікації психофізіологічного стану організму операторів екстремального виду діяльності;
- Спроектовано та введено в експлуатацію базу даних та базу знань на основі СУБД MySQL;
- В майбутньому заплановано реалізацію прогностичного аналізу психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності на основі методу Монте-Карло.



**Список використаних джерел**

1. Бодров В.А. Психология профессиональной пригодности: учебное пособие для вузов / Бодров В.А. – 2-е издание. – М.: ПЕР СЭ, 2006 – 511 с. – (Современное образование). – ISBN: 5-9292-0156-0.
2. Ломов Б.Ф. Справочник по инженерной психологии / Ломов Б.Ф. – М.: Книга по Требованию, 2013. – 368 с. – ISBN: 978-5-458-36444-7.
3. Милерян Е.А. Психология труда и профессионального образования: Избранные научные труды / Автор-составитель В.Е. Милерян. – Киев.: НПП «Интерсервис», 2013. – 290 с. – ISBN 978-617-696-186-4.
4. Уэйберг Р.С. Основы психологии спорта и физической культуры / [Уэйберг Р.С., Гоулд Д.]; под. ред. Г. Ложкина. – Киев: Изд-во «Олімпійська література», 1998. – 334 с. – ISBN 0-87322-812-X.
5. Поворинский А. Г. Пособие по клинической электроэнцефалографии: учебное пособие / А. Г. Поворинский, В.А. Заболотных; Ин-т физиологии им. И.П. Павлова АН СССР - Л.: Наука, 1987. - 64 с. – Библиогр.: с. 58-61. – УДК 616.831-073.97(075.4).
6. Сивер Д. Майнд машины. Открываем заново технологию аудио-визуальной стимуляции [Электронный ресурс] / Д. Сивер; пер. с англ. Никонов В., Патрушев А. – Электронная библиотека «Куб»: 2008. – 184 с. – режим доступа до книги: [http://www.koob.ru/siever\\_dave/rediscovery](http://www.koob.ru/siever_dave/rediscovery). – Назва з екрану.
7. Болезни нервной системы : руководство для врачей в 2-х т. / под ред. Н. Н. Яхно, Д. Р. Штульмана. – [2-е изд., перераб и доп.] – М.: Медицина, 2001. – 744 с. – ISBN 5-225-04029-2.
8. Черный С.В. Связь характеристик текущей ЭЭГ-активности с чертами личности, определенными с помощью 16-ти факторного опросника Кеттела / С.В. Черный, С.А. Махин // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, Химия». – Т. 18 (57), 2005. – №2. – С.161-168. – ISBN 1606-3716.

9. Амплитуда ритмов ЭЭГ отражает характеристики личности и определяется активностью аминергических систем мозга: матеріали VI Міжнар. наук. конф. [“Психологічні та вісцеральні функції в нормі та патології“], (Київ 9-10 жовтня 2012 р.) / Київський національний університет ім. Тараса Шевченка; редкол.: Л.І. Остапченко [та ін.]. – К.: Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. 2012. – 259 с. – ББК 88.33я434.
10. Володарський Є. Т. Статистичне оцінювання професійної придатності операторів екстремальних видів діяльності [Електронний ресурс] / Є. Т. Володарський, О. В. Булигіна // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. - 2012. - № 3. - С. 71-78. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Itki\\_2012\\_3\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Itki_2012_3_13). – Назва з екрану.
11. Кузовик В. Д. Методика планування експериментальних досліджень психофізіологічного стану головного мозку / В. Д. Кузовик, А. Д. Гордєєв // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. - 2014. - № 1. - С. 174-181. – ISSN 2225-7551. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vcndtn\\_2014\\_1\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vcndtn_2014_1_28).
12. Аспекты планирования и реализации экспериментальных исследований психофизиологического состояния операторов экстремальных видов деятельности : материалы 23й международной конференции [“КримИКо2013: СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии“], (Севастополь 8-13 сентября 2013г.) / изд. «Вебер» ; редкол.: М.П. Батура [и др.]. – Севастополь : Вебер, 2013. – С. 1081–1082. – Режим доступу: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/10431>.
13. Кузовик В. Д. Діагностика і прогнозування психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності / В. Д. Кузовик, А. Д. Гордєєв // журнал «Клінічна інформатика і Телемедицина». – Т. 10 (11), 2014. – С. 18-19. – ISSN 1812-7231. – Режим доступу: <http://uacm.kharkov.ua/rus/index.shtml?r-klininfo-journal.html>.

**Відомості про автора:**

**Гордєєв Артем Дмитрович** – асистент кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини Національний авіаційний університет.  
 Наукові інтереси: біомедична інженерія та комп'ютерне середовище програмування MatLab.

**E-mail:** [gordieiev.artem@gmail.com](mailto:gordieiev.artem@gmail.com)