

ПРИКЛАДНІ ДОМЕНИ І ПРИКЛАДНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

УДК 004.45:167.23:612.821(045)

**Кузовик В.Д., Булигіна О.В., Гордєєв А.Д**  
**Національний авіаційний університет**

# **РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ**

*Сучасна медицина орієнтована на впровадження неінвазивних засобів діагностики та прогнозування дисфункцій організму операторів екстремальних видів діяльності (ОЕВД). Для професійного відбору ОЕВД створюються спеціальні програмні системи оцінювання їх психофізіологічного стану. Проте, дослідження показали, що існуючі системи професійного відбору ОЕВД мають ряд недоліків, основні з яких є наступними: обмежене використання гнучких спеціалізованих баз даних та програмних систем з графічним інтерфейсом призначеним для медика-спеціаліста, що призводить до зниження ефективності професійного відбору ОЕВД; суб'єктивізм експертного рішення щодо професійного відбору ОЕВД; нерозроблені методики практичної реалізації комплексних досліджень психофізіологічного стану організму ОЕВД.*

*Представлена система прийняття рішень представляє собою комп'ютеризовану трьохетапну експертну систему з базою даних та базою знань, що надає можливість медику-спеціалісту досліджувати динаміку кількісних параметрів електроенцефалограми, кефалограми та біологічних параметрів організму ОЕВД, з урахуванням їх типу темпераменту.*

*В результаті досліджень розроблено програмне забезпечення на основі програмного середовища MatLab та отримано нормовані значення кількісних параметрів кефалографії, електроенцефалографії, біологічних аналізів крові антарктичних зимівників певного типу темпераменту. Завдяки отриманим результатам можна не тільки оцінювати поточний психофізіологічний стан організму антарктичних зимівників, а й прогнозувати його зміну.*

*Отримані результати досліджень можна використати в медичній сфері трансплантології для підбору донорів, або контролю процесу реабілітації після пересадки внутрішніх органів.*

*Современная медицина ориентирована на внедрение неинвазивных средств диагностики и прогнозирования дисфункций организма операторов экстремальных видов деятельности (ОЭВД). Для профессионального отбора ОЭВД создаются специальные программные системы оценивания их психофизиологического состояния. Однако, исследования показали, что существующие системы профессионального отбора ОЭВД имеют ряд недостатков, основные из которых следующие: ограниченное использование гибких специализированных баз данных и программных систем с графическим интерфейсом предназначенным для медика-специалиста, что приводит к снижению эффективности их профессионального отбора ОЭВД; субъективизм экспертного решения по профессиональному отбору ОЭВД; не разработаны методики практической реализации комплексных исследований психофизиологического состояния организма ОЭВД.*

*В работе представлена разработанная система принятия решений, основанная на работе новейшего аппаратно-программного комплекса - кефалоэнцефалографа. Указанный комплекс реализует оценки и прогноз состояния информационно-энергетического поля организма ОЭВД, на основе результатов которого можно реализовать профессиональный отбор ОЕВД. Представленная система принятия решений представляет собой компьютеризованную трёхэтапную экспертную систему с базой данных и базой знаний, позволяет*

медику-специалісту дослідити динаміку кількісних параметрів електроенцефалограми, кефалограми та біологічних параметрів організму ОЕВД, з урахуванням їх типу темперамента.

В результаті досліджень розроблено програмне забезпечення на основі програмної середовища MatLab і отримані нормовані значення кількісних параметрів кефалографії, електроенцефалографії, біологічних аналізів крові антарктичних зимовиків певного типу темперамента. Благодаря отриманим результатам можна не тільки оцінювати поточне психофізіологічне стан організму антарктичних зимовиків, але й прогнозувати його зміни.

Отримані результати досліджень можна використовувати в медичній сфері трансплантології для підбору донорів, або контролю процесу реабілітації після пересадки внутрішніх органів.

*Modern medicine is focused on the using of non-invasive means of diagnosing and predicting the organism dysfunctions for operators of extreme activities(OEA). Special software evaluation system is designed for professional recruiting OEA their psychophysiological state. However, research has shown that the existing systems of professional recruiting ofOEAAhave a number of drawbacks, the main of which are: the limited use of flexible specialized databases and software systems with a graphical interface designed for medical professionals which leads to a decrease in the effectiveness of their professional recruiting ofOEA; subjectivity of expert solutions for professional selection OEA; not developed methods of practical implementation of the comprehensive research of psycho-physiological state of the organism ofOEA.*

*In article presents a developed system of decision, based on the latest hardware and software complex - kephaloencephalograph. This complex implements the assessment and forecast of the state information and the energy field of the body OEA, on the basis of which the results can be implemented for professional recruitingOEA. Presented decision-making system is a computerized three-stage system of expert database and knowledge database allows the medic-specialist to investigate the dynamics of quantitative EEG parameters,kephalography and biological parameters of the OEA's body, according to their type of temperament.*

*A results of research is developed software based on the IDE MatLab and obtained normalized values of quantitative parameters of kephalography, electroencephalography, biological blood tests of Antarctic wintering according to certain type of their temperament. Due to the results obtained can not only assess the current psycho-physiological state of theAntarctic wintering's body, but also to predict its changes.*

*The results of research can be used in the medical field for the recruiting of transplant donor, or control the rehabilitation process after transplantation of internal organs.*

**Ключові слова:** система прийняття рішень, програмне забезпечення, психофізіологія, процес ідентифікації, електроенцефалографія.

**Постановка проблеми.** В сучасному світі є потреба якісного і швидкого оцінювання психофізіологічного стану (ПФС) здоров'я операторів екстремальних видів діяльності (ОЕВД), наприклад, льотчиків, полярників, спортсменів, водіїв та інші. Дослідження літературних джерел показали, що 80 % авіаційних катастроф, 70 % катастроф в атомній енергетиці та 64 % в на морському флоті стали через помилкові дії фахівців, тобто через людський фактор[1]. Майже у 95 % учасників антарктичних експедицій мали місце порушення психофізіологічного стану організму внаслідок довготривалої дії екстремальних факторів зовнішньої середовища [2].

Країнами світу витрачаються значні зусилля та кошти для якісного професійного відбору ОЕВД [3]. Оцінювання професійної придатності ОЕВД можна реалізовувати на етапах підготовки, контролю перед виконанням професійних обов'язків, контролю процесу реабілітації операторів. При чому, встановлено, що основною характеристикою ефективною професійної діяльності ОЕВД є

розвинений стан психіки та фізіології організму до адаптації під час комплексних змін екстремальних умов зовнішнього середовища[3, 4].

Для реалізації ефективного процесу професійного відбору ОЕВД запропоновано використовувати автоматизовану систему прийняття рішення, яка оснований на дослідженні динамічних процесів параметрів інформаційно-енергетичного поля організму ОЕВД.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Питанням розробки апаратно-програмних систем професійного відбору ОЕВД займаються як вітчизняні [5, 6], так і зарубіжні [7] вчені. Проте, дослідження показали, що існуючі системи професійного відбору ОЕВД мають ряд недоліків, основні з яких є наступними: обмежене використання гнучких спеціалізованих баз даних та програмних систем з графічним інтерфейсом призначеним для медика-спеціаліста, що призводить до зниження ефективності професійного відбору

ОЕВД; суб'єктивізм експертного рішення щодо професійного відбору ОЕВД; нерозроблені методики практичної реалізації комплексних досліджень психофізіологічного стану організму ОЕВД.

Ефективність використання кількісних характеристик сигналів біоритмів для діагностики кори головного мозку та організму в цілому показують дослідження ряду авторів [8, 9]. В зарубіжних дослідженнях електроенцефалограф застосовують як один із ефективних засобів оцінювання психофізіологічного стану організму в процесі професійної діяльності операторів [5], а також вказується ефективність при використанні електроенцефалографу разом з експериментально-психологічним обстеженням для діагностування та прогнозування професійної придатності льотчиків [3].

Останні дослідження [10, 11], які реалізовані на базі кафедри Біокібернетики та аерокосмічної медицини Національного авіаційного університету, показують ефективність процесу оцінювання психофізіологічного стану організму з метою їх професійного відбору за допомогою новітнього комплексу — кефалоенцефалографу.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Через недостатню ефективність, процес професійного відбору ОЕВД потребує застосування сучасних методів та засобів для прийняття експертного рішення медиком-спеціалістом.

**Мета статті.** Головною метою статті є висвітлення аспектів побудови розробленої системи прийняття рішень щодо професійного відбору ОЕВД за допомогою розробленого новітнього апаратно-програмного комплексу, який складається із засобів кефалографії та електроенцефалографії.

**Виклад основного матеріалу.** Для розуміння взаємодії психіки та фізіології людини досліджено формування інформаційно-енергетичного поля 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-енергетичного поля (ІЕП), процеси зміни параметрів якого можна зареєструвати в біопотенціалах головного мозку, зміні положення вертексу тіла людини, зміні біохімічного складу крові.

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. Представлений апаратно-програмний комплекс має наступні переваги для процесу професійного відбору ОЕВД:

- ефективний процес класифікації ОЕВД за 36-ма типами темпераменту на основі психофізіологічного тестування із застосуванням оптимізованого набору психологічних тестів, які не виснажують ОЕВД;

- розраховуються інтегральні параметри електроенцефалографії на основі методу спектральної щільності потужності (СЩП) фонових та перехідних сигналів, які ідентифікуються з нормованими показниками, створеними на основі накопичених даних у базі знань (БЗ) в результаті експериментальних досліджень;

- комплексне поетапне оцінювання стану психіки та фізіології людини, з врахуванням особливостей роботи ІЕП, на основі комплексу методів електроенцефалографії, кефалографії, аналізу крові з автоматичним прийняттям рішення щодо професійної придатності ОЕВД, враховуючи тип темпераменту.

Для того, щоб диференціювати ОЕВД за близькими індивідуальними психофізіологічними особливостями організму, враховуючи особливості роботи ІЕП, реалізовано класифікацію операторів на підгрупи за типом темпераменту. Зазначений підхід дозволяє створити якісну базу даних, а

також реалізувати розрахунок нормованих значень параметрів крові, електроенцефалографії, кефалографії для кожної з підгруп операторів. Крім визначення номеру підгрупи за типом темпераменту ОЕВД, реалізовано розрахунок рівня психічної придатності ( $Q_{pr}$ ), який використовується під час процесу психофізіологічного оцінювання організму ОЕВД (рис. 1).

Як видно з етапів алгоритму (рис. 1) розрахунок рівня психічної придатності ( $Q_{pr}$ ) забезпечено трьома психологічними тестами, та двома антропометричними показниками, які дозволяють врахувати:

- вроджені та набуті психічні особливості ОЕВД на основі тесту «Айзенка»;
- набуті психічні потенційні можливості адаптації (рівень ригідності) ОЕВД на основі тесту «Томського опитувальника ригідності Залевського» (ТОРЗ);

- набуті фізіологічні потенційні можливості адаптації ОЕВД на основі «індексу Кетле» та «Трохантерного індексу»;
- контроль та корекцію якості відповідей ОЕВД під час дослідження на основі тесту «Самопочуття, Активність, Настрій» (САН).

На основі зазначеного комплексу тестів розроблено концептуальну модель процесу класифікації операторів за типом темпераменту та визначення кількісного рівня психічної профпридатності ( $Q_{pr}$ ) оператора, яку представлено на рисунку 2, де  $P_1$  – тип темпераменту,  $P_2$  – рівень ригідності,  $N$  – номер типу темпераменту оператора,  $Fis$  – фізіологічні характеристики оператора,  $K$  – показник Кетле,  $T$  – трохантерний індекс,  $Q_{pr}$  – рівень психічної профпридатності.

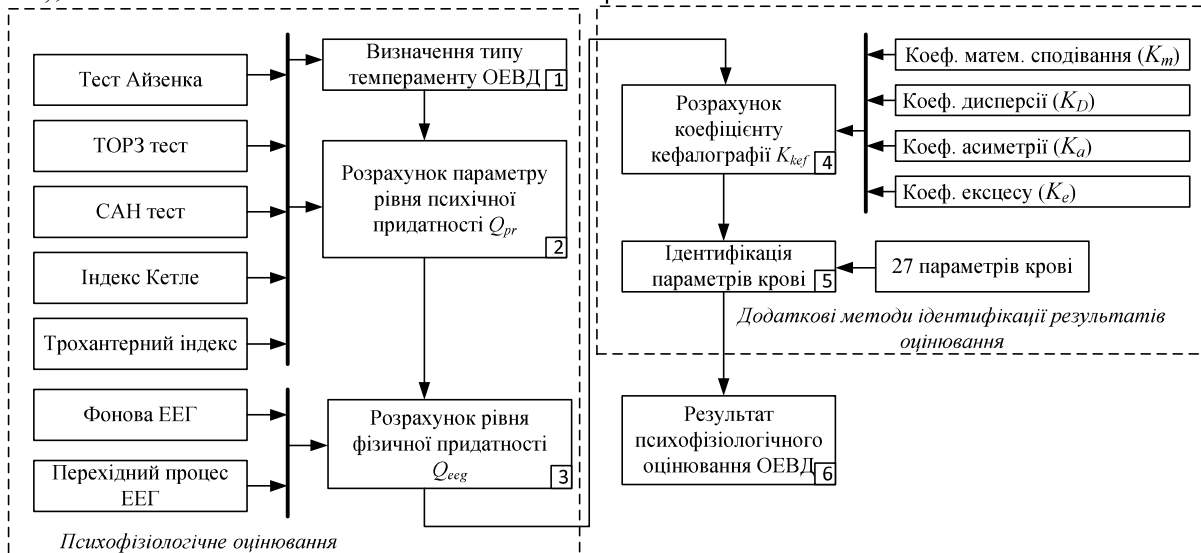


Рис. 1. Алгоритм процесу психофізіологічного оцінювання організму ОЕВД

Як видно із представленої моделі (рис. 2) поєднання опитувальника Айзенка та Томського опитувальника ригідності (ТОРЗ) дозволило отримати 36 типів темпераменту ОЕВД, при чому найсильнішим типом темпераменту для виконання професійних обов'язків в умовах зовнішнього екстремального середовища являється сангвістичний тип, а найслабкішим – меланхолічний тип темпераменту. В результаті, запропонована методика класифікаційного відбору ОЕВД дозволяє реалізувати ефективні експериментальні дослідження в яких можна визначити нормовані психофізіологічні параметри електроенцефалографії, кефалографії та

аналізу крові притаманні певній підгрупі та професії операторів.

Із використанням методів та засобів логіки та кількісних параметрів психологічних тестів наступним чином формалізовано процес психологічного відбору операторів за категорією темпераменту.

На основі тесту Айзенка створено наступні кортежі кількісних значень результатів тестування у балах:

- $IJ = \{ij1 ; ij2 ; ij3\} = \{[0-6] ; [7-15] ; [16-25]\}$  — шкала «інтроверсія-екстраверсія»;
- $NS = \{ns1 ; ns2 ; ns3\} = \{[0-7] ; [8-16] ; [17-25]\}$  – шкала «нейротизм-стабільність».

Для визначення типу темпераменту за тестом Айзенка в зазначеному алгоритмі (рис. 2) складено наступні рівняння логіки:

$$P_1 = (ij1 \wedge nc1) \vee (ij1 \wedge nc2) \vee (ij1 \wedge nc3) \vee$$

$$(ij2 \wedge nc1) \vee (ij2 \wedge nc2) \vee (ij2 \wedge nc3) \vee (ij3 \wedge nc1)$$

$$\vee (ij3 \wedge nc2) \vee (ij3 \wedge nc3).$$

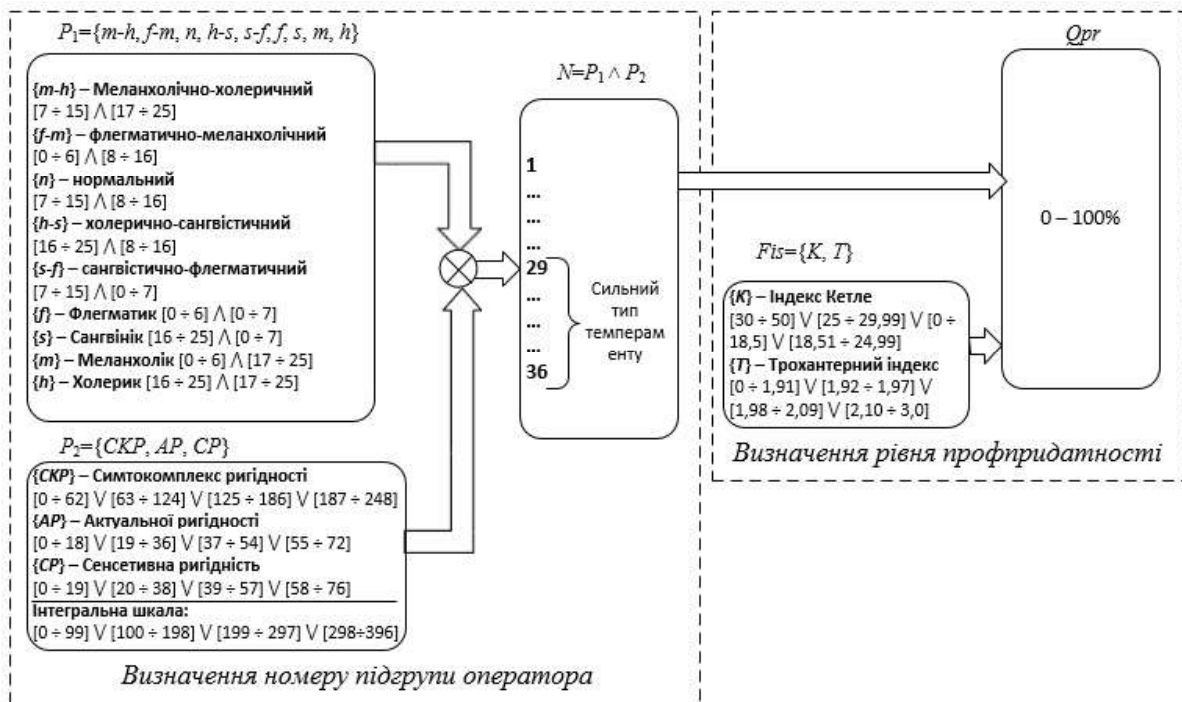


Рис. 2. Концептуальна модель процесу психологічної класифікації та визначення рівня психічної профпридатності оператора

На основі тесту ТОРЗ створено наступні кортежі кількісних значень результатів тестування у балах:

– СКР = {скр1 ; скр2 ; скр3 ; скр4} = {[0-62] ; [63-124] ; [125-186] ; [187-248]} – шкала «Симптомокомплекс ригідності»;

– АР = {ар1 ; ар2 ; ар3 ; ар4} = {[0-18] ; [19-36] ; [37-54] ; [55-72]} – шкала «Актуальної ригідності»;

– СР = {ср1 ; ср2 ; ср3 ; ср4} = {[0-19] ; [20-38] ; [39-57] ; [58-76]} – шкала «Сенситивної ригідності»;

Для визначення рівня ригідності за тестом ТОРЗ в зазначеному алгоритмі (рис. 2) складено наступне рівняння логіки:

$$P_2 = (скр1 \wedge ар1 \wedge ср1) \vee (скр2 \wedge ар2 \wedge ср2) \vee$$

$$(скр3 \wedge ар3 \wedge ср3) \vee (скр4 \wedge ар4 \wedge ср4).$$

На основі запропонованої моделі (рис. 2) можна розрахувати рівень психічної професійної придатності ( $Q_{pr}$ ), який враховує психічні, в тому числі адаптаційні, та антропометричні показники організму ОЕВД:

$$Q_{pr} = P_{sy} + Fis, \quad (1)$$

де  $P_{sy}$  – рівень психічних можливостей ОЕВД у відсотках,  $Fis$  – рівень

антропометричних можливостей ОЕВД у відсотках.

Для визначення рівня психічних можливостей ОЕВД застосовується наступне рівняння:

$$P_{sy} = y1(N) * g_1, \quad (2)$$

де  $N$  – номер типу ригідності,  $y1(N)$  – відносний рівень ригідності у відсотках,  $g_1$  – ваговий коефіцієнт рівня ригідності.

Для визначення рівня антропометричних можливостей ОЕВД застосовується наступне рівняння:

$$Fis = y2(K) * g_2 + y3(T) * g_3, \quad (3)$$

де  $y2(K)$  – відносний рівень показника Кетле у відсотках, рівень  $y3(T)$  – відносний рівень трохантерного індексу у відсотках,  $g_2$  – ваговий коефіцієнт рівня показника Кетле,  $g_3$  – ваговий коефіцієнт рівня Трохантерного індексу.

Розрахунок показника  $y1(N)$  реалізовано за формулою:

$$y1(N) = \frac{N}{36} \cdot 100\%$$

(4)

де  $N = (1 \div 36)$  – номер типу темпераменту ОЕВД.

Розрахунок показника  $y2(K)$  реалізовано за алгоритмом:

– задаємо нормованим показником індексу Кетле рівним 22;

– розраховуємо різницю (дельту) між нормованим показником и розрахованим показником ( $K$ ) під час тестування досліджуваного:  $\Delta = |22 - K|$ ;

– розраховуємо відсоткове відхилення ( $Z$ ) від нормованого показника за

формулою:  $Z = \frac{\Delta}{22} \cdot 100\%$  ;

– розраховуємо рівень показника Кетле у відсотках:  $y2(K) = 100\% - Z\%$ .

Розрахунок показника  $y3(T)$  реалізовано за формулою:

$$y3(T) = \frac{T}{3,0} \cdot 100\%$$

(5)

Для розрахунку вагових коефіцієнтів ( $g_1, g_2, g_3$ ) формул (2, 3) застосовано експертний метод ранжування, для якого були залучені спеціалісти, які займаються вивченням питань психофізіології організму людини, завдяки чому формулу (1) для розрахунку рівня

психічної придатності ОЕВД можна представити у вигляді:

$$Q_{pr} = y(N) * 0,5 + y1(K) * 0,27 + y2(T) * 0,23. \quad (6)$$

Для реалізації наступного етапу в процесі професійного відбору ОЕВД, пропонується розраховувати новітній кількісний інтегральний показник рівня фізичної придатності ( $Q_{eeg}$ ) оператора на основі застосування методу спектральної щільності потужності (СЦП) фонового та перехідного електроенцефалографічного сигналів.

На рис. 3 представлено алгоритм методики обробки фонового та перехідного сигналів електроенцефалограми, який дозволяє отримати три параметра для оцінювання ПФС організму ОЕВД: миттєва швидкість СЦП фонового сигналу ( $Diff_{fon}$ ), миттєва швидкість СЦП перехідного сигналу ( $Diff_{pp}$ ) та енергетичний коефіцієнт щільності ( $Q_{eeg}$ ), які дозволяють оцінювати та прогнозувати рівень фізіологічної придатності ОЕВД.

Перехідний режим для електроенцефалограми створюється за допомогою багаторазового клацання звуковою хвилею, а перехідний режим для кефалограми створюється за допомогою реалізації досліджень у режимі «відкриті очі – закриті очі». Попередні налаштування апаратури для реалізації перехідного процесу електроенцефалограми є наступними: динамік розташовується на відстані  $l = 25-30$  см від вух з висотою звуку  $f_{зв} = 1000$  Гц та потужністю  $P_{зв} = 60$  Дб (при використанні навушників  $P_{зв} = 40$  Дб), частота стимуляції  $f_{стим} = 12$  Гц, тривалість імпульсу  $t_{зв} = 55$ мс, довжина стимуляції  $t_{стим} = 1$  сек.

Додатково реалізовано ідентифікацію ПФС організму ОЕВД за коефіцієнтом кефалографії, з урахуванням типу темпераменту ОЕВД, який розраховується на основі нечіткого логічного висновку:

$$K_{kef} = f_{kef}(X_1, X_2),$$

$$X_1 = f_1(x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}),$$

$$X_2 = f_2(x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}),$$

де  $X_1$  – терм, який описує підгрупу темпераменту оператора;  $x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}$  – показники, за якими відбувається групування операторів за типом темпераменту;  $X_2$  – терм, який описує результати статичної рівноваги тіла ОЕВД;  $x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}$  – показники, що характеризують функцію статичної рівноваги тіла ОЕВД ( $K_m, K_D, K_a, K_e$ ).

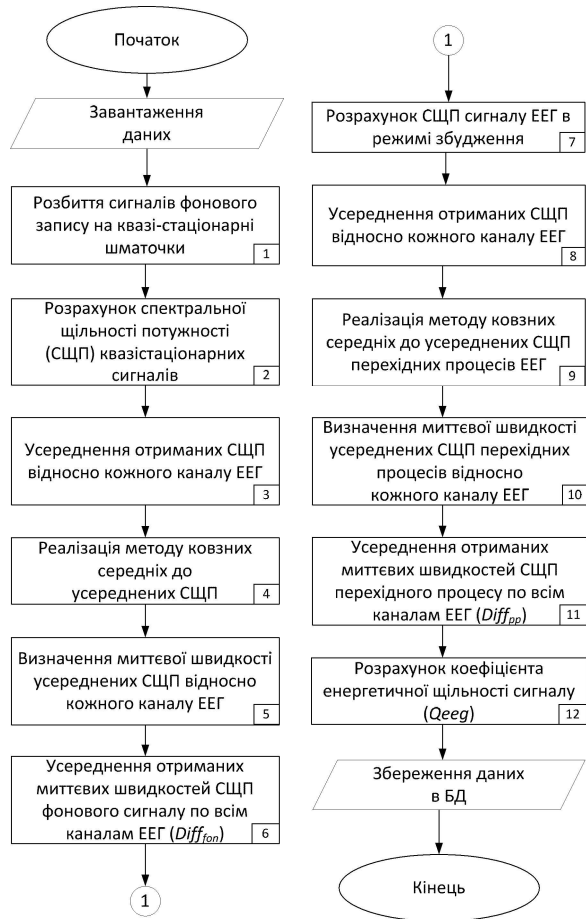


Рис. 3. Алгоритм методики обробки біосигналів кори головного мозку операторів

На основі розрахунку зазначених психофізіологічних параметрів ( $Q_{pr}$ ,  $Q_{eeeg}$ ,  $K_{kef}$ ) організму ОЕВД розроблено багатоетапну систему прийняття рішень (СПР), в якій безпосередньо медиком-спеціалістом приймається остаточне рішення щодо результату професійного відбору ОЕВД. Зазначена СПР складається з наступних етапів:

- заповнення картки оператора (соціальні та антропологічні дані);
- проходження комплексу психологічних тестів;
- розрахунок рівня психічної придатності ( $Q_{pr}$ ) оператора та автоматичне прийняття рішення за допомогою даних бази знань (БЗ);
- перший етап професійного відбору, оснований на експертному рішенні медика-спеціаліста після аналізу результатів розрахунку рівня психічної придатності ( $Q_{pr}$ ) оператора;

- реєстрація фонові та перехідних процесів електроенцефалограми;
- розрахунок рівня фізичної придатності ( $Q_{eeeg}$ ) оператора та автоматичне прийняття рішення за допомогою даних бази знань;
- другий етап професійного відбору, оснований на експертному рішенні медика-спеціаліста після аналізу результатів розрахунку рівня фізичної придатності ( $Q_{eeeg}$ ) оператора;
- ідентифікація параметрів кефалографії та біологічних параметрів крові оператора;
- візуалізація остаточних результатів професійного відбору з елементами оцінювання та прогнозування ПФС організму операторів;
- третій етап професійного відбору, оснований на експертному рішенні медика-спеціаліста після аналізу параметрів кефалографії ( $K_{kef}$ ) та параметрів крові.

Зазначені етапи СПР щодо оцінювання рівня

психічної ( $Q_{pr}$ ) та фізичної ( $Q_{eg}$ ) придатності ОЕВД мають додаткові підходи до аналізу реалізованих психологічних досліджень та аналізу електроенцефалограми, що підвищує ефективність професійного відбору медиком-спеціалістом.

Прикладну програмну систему для роботи СПР розроблено на базі програмного середовища MatLab, в якому розроблено інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс як для досліджуваного, так і для медика-спеціаліста.

Для забезпечення якісного інженерного проектування програмного забезпечення (ПЗ) системи використано мову моделювання UML (Universalmodellanguage) стандарту 2.1. Для проектування прикладного ПЗ для професійного відбору ОЕВД було обрано оптимально необхідну кількість моделей, а саме: діаграма прецедентів (UseCase-діаграма); діаграма активності (Activity-діаграма); діаграма класів (Class-діаграма); модель сутність-зв'язок (Entity-relationship діаграма), яка використана для проектування БД та БЗ.

Розробленим ПЗ паралельно користуються як досліджувані, так і медик-спеціаліст, тому ПЗ розроблено з врахуванням потреб розділення візуалізації результатів тестування для обох зазначених користувачів. Для реалізації розділення програмної системи для обох користувачів розроблено діаграму прецедентів процесу професійного відбору ОЕВД, яка включає в себе трьох «акторів»: «медик-спеціаліст»; «оператор»; «адміністратор бази даних (БД)». Завдяки розробленій діаграмі прецедентів було побудовано діаграми активності, завдяки чому враховано наступні сценарії роботи з програмною системою:

- реалізація професійного відбору ОЕВД на основі показника рівня психічної ( $Q_{pr}$ ) та фізіологічної ( $Q_{eg}$ ) придатності;

- перегляд попередніх результатів психологічного та фізіологічного відбору ОЕВД;

- процес аналізу та ідентифікації показників крові ОЕВД;

- процес аналізу та ідентифікації даних

кефалограми ОЕВД;

- процес роботи «адміністратора БД» з базою даних та базою знань.

Для проектування взаємодії елементів та вікон графічного інтерфейсу програми було створено діаграми класів для програмної частини визначення рівня психічної та фізіологічної придатності оператора.

На концептуальному рівні, за допомогою мови UML, розроблено ER-діаграму бази даних та бази знань, яка спроектована таким чином, що є можливість подальшого розширення досліджень при підключенні в неї нових таблиць даних. Розроблена БД та БЗ побудована на основі СУБД MySQLworkbench 6.3 та об'єднує в собі всю інформацію, необхідну для СПР в процесі професійного відбору ОЕВД.

В результаті реалізованих експериментальних досліджень за спеціально розробленою методикою отримано наступні результати обробки експериментальних даних. В таблиці 1 представлено результати психологічного відбору реалізованого з представниками однієї з груп професій ОЕВД – антарктичними зимівниками (полярники), а також досліджуваних неекстремальних видів діяльності (кількість учасників в обох групах – по 36 чоловік, при  $P=0,95$ ). Результати досліджень показали ефективність методу розрахунку рівня психологічної придатності ( $Q_{pr}$ ) під час професійного відбору ОЕВД, що підтверджувалось результатами електроенцефалографічних досліджень та процесом ідентифікації показниками кефалографії та аналізу крові.

Так як серед представників професії антарктичних зимівників найчастіше зустрічались оператори 31-го та 35-го номеру типу темпераменту ( $N$ ) наступні результати електроенцефалографічних досліджень та ідентифікації за параметрами кефалографії і аналізу крові представлено саме для цих підгруп ОЕВД. В експерименті приймали участь 13 операторів 31-го та 12 операторів 35-го номеру типу темпераменту.



Таблиця 1

Результати розрахунку рівня психічної придатності антарктичних зимівників

Параметри	Професія оператора	
	Антарктичні зимівники	Оператори неекстремальних видів діяльності
Інтервальна оцінка (при $P=0,95$ ) рівня психологічної придатності ( $Q_{pr}$ )	$79.30\% < Q_{pr} < 84.75\%$	$56.37\% < Q_{pr} < 69.64\%$
Середній діапазон номеру типу темпераменту ( $N$ ) для професії, №	29-35	15-23

В таблиці 2 представлено результати визначення інтервальної оцінки параметру рівня фізіологічної придатності ( $Q_{eeg}$ ) до та після експедиції полярників на основі енергетичного коефіцієнту щільності та усередненої миттєвої швидкості СЦП фонового сигналу ( $Diff_{fon}$ ) із застосуванням

ітераційного моделювання за методом Монте-Карло для збільшення кількості вибірки генеральної сукупності. Результати досліджень показали ефективність використання методу Монте-Карло для звуження нормованих інтервальних оцінок біомедичних параметрів при визначеному типі темпераменту ОЕВД.

Таблиця 2

Нормовані та змодельовані показники електроенцефалограми полярників

Група операторів	До експедиції	Після експедиції
31 підгрупа без моделювання	$0.6441 \leq Q_{eeg} \leq 0.8507$ $0,1220 \leq Diff_{fon} \leq 0,1384$	$0.5403 \leq Q_{eeg} \leq 0.9752$ $0.1208 \leq Diff_{fon} \leq 0.13976$
31 підгрупа після моделювання	$0.7415 \leq Q_{eeg} \leq 0.7521$ $0.1299 \leq Diff_{fon} \leq 0.1308$	$0.8820 \leq Q_{eeg} \leq 0.8963$ $0.1438 \leq Diff_{fon} \leq 0.1454$
35 підгрупа без моделювання	$0.6126 \leq Q_{eeg} \leq 0.8465$ $0,1348 \leq Diff_{fon} \leq 0,1471$	$0.7243 \leq Q_{eeg} \leq 0.9534$ $0.1296 \leq Diff_{fon} \leq 0.1523$
35 підгрупа після моделювання	$0.8355 \leq Q_{eeg} \leq 0.8431$ $0.1409 \leq Diff_{fon} \leq 0.1417$	$0.8645 \leq Q_{eeg} \leq 0.8786$ $0.1349 \leq Diff_{fon} \leq 0.1355$

Для ідентифікації якості оцінювання ПФС організму ОЕВД розраховано коефіцієнти кефалографії для обох вказаних типів темпераменту, а саме: для 31-го номеру типу темпераменту –  $1,13 < K_{kef_{31}} < 2,53$ ; для 35-го номеру типу темпераменту –  $0,48 < K_{kef_{35}} < 2,16$ .

Підтвердження адекватності результатів процесу ідентифікації ПФС організму ОЕВД в запропонованій СПР забезпечено біологічними аналізами крові для яких медики-спеціалісти визначили нормовані кількісні показники. 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.

Для реалізації оцінювання ефективності виконання професійного відбору за допомогою розробленої програмної системи було залучено 36 претендентів у полярники з різними вадами

легких захворювань та 36 операторів, які були відібрані для виконання своїх професійних обов'язків та успішно їх виконали. Результати досліджень, отриманих за допомогою розробленої СПР, порівнювались з результатами досліджень, отриманих за допомогою сторонніх програмних систем професійного відбору, а саме: програмно-апаратний комплекс «Омега-М», система інтерактивної діагностики SINDI (LEDIS Group).

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що співпадіння сформованого рішення за допомогою розробленої програмної системи та діагнозів медиків-спеціалістів спостерігалось у 62 випадках (86%), порівняно з 49 випадками (68%) при застосуванні інших програмних систем професійного відбору операторів. Тобто підвищення ефективності професійного відбору ОЕВД за допомогою розробленої СПР відбулося на 20%.

Таблиця 3

Порівняння експериментальних біологічних показників крові операторів

№ п/п	Показник	Нормовані діапазони показника	Усереднені значення операторів-полярників, $M_x \pm SKB$
1	Гематокрит (HCT), %	36 ÷ 48	44,06 ± 2,76
2	Еритроцити (RBC), *10 <sup>12</sup> /л	3,9 ÷ 5,5	4,87 ± 0,39
3	Тромбоцити (PLT), *10 <sup>9</sup> /л	200 ÷ 400	239,08 ± 33,51
...	...	...	...
25	Сечовина, мкмоль/л	1,71 ÷ 8,3	4,77 ± 1,60
26	Холестерин, ммоль/л	3,87 ÷ 6,71	4,48 ± 0,65
27	Глюкоза, ммоль/л	3,89 ÷ 7,8	5,24 ± 0,52

Представлений напрям досліджень можна використати в медичних установах для оцінювання психофізіологічної готовності досліджуваних до трансплантації внутрішніх органів, а також для індивідуального підбору донорів. Результати прогнозування ПФС досліджуваних можна використати під час реабілітації, наприклад для підвищення якості підбору лікарських засобів.

#### Висновки

- розроблено систему прийняття рішень для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності на основі оцінювання параметрів інформаційно-енергетичного поля їх організму;
- розроблено методику професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності, яка оснований на застосуванні кефалоенцефалографа та біологічних аналізів організму з урахуванням їх типу темпераменту;
- розроблено програмне забезпечення ідентифікації психофізіологічного стану організму операторів екстремальних видів діяльності;
- розроблено та введено в експлуатацію базу даних та базу знань на основі СУБД MySQL, яка забезпечує функціонування системи прийняття рішень для реалізації професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності.

#### Список використаних джерел

1. Швець А.В. Інформаційна технологія психофізіологічного оцінювання надійності діяльності та підтримки працездатності військових операторів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора медичних наук : спец. 14.01.03 «медична і біологічна інформатика та кібернетика» / Швець Андрій

Володимирович ; Науково-дослідний інститут проблем військової медицини Української військово-медичної академії МО України. – Київ, 2015. – 47с., вкл. обл. : іл., табл.

2. Психофізіологічний супровід антарктичних експедицій: методичні рекомендації / [Є.В.Моїсеєнко, В.І.Сухоруков, С.А.Мадяр, О.М.Бакуновський] ; НАН України, Інститут фізіології ім.О.О.Богомольця. –К. : [б. в.], 2006. - 35 с. - Б. ц.

3. 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.

4. Ломов Б.Ф. Справочник по инженерной психологии / Ломов Б.Ф. – М.: Книга по Требованию, 2013. – 368 с. – ISBN: 978-5-458-36444-7.

5. Моїсеєнко Є.В. Вимогидостануздоров'ятamedичногообстеженн яфахівцівекспедиційної діяльності української національної антарктичної програми / Є.В. Моїсеєнко. –Методичні рекомендації, Київ.– 2005.–35 с.

6. Інформаційна технологія психофізіологічного тестування і відбору персоналу для органів внутрішніх справ України: [Монографія] / С.М. Злепко, Л.Г. Коваль, М.Т. Бондарчук та ін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 154с.

7. 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.

8. 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).

9. 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.

10. 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).

11. 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-klinfo-ujournal.htm>.

### Відомості про авторів:



**Кузовик В'ячеслав Данилович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини Національного авіаційного університету. Наукові інтереси: дослідження психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності.

**E-mail:** [bikam\\_nau@mail.ru](mailto:bikam_nau@mail.ru)



**Булигіна Олена В'ячеславівна** – кандидат технічних наук, доцент, кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини Національного авіаційного університету. Наукові інтереси: оцінювання психофізичного стану операторів екстремальних видів діяльності.

**E-mail:** [bikam\\_nau@mail.ru](mailto:bikam_nau@mail.ru)



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

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