

Національний авіаційний університет  
Міністерство освіти і науки України

Вінницький національний технічний університет  
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**Гордєєв Артем Дмитрович**

УДК [004.415.2:004.514]:612.821(043.3)

## **ДИСЕРТАЦІЯ**

### **Методи та біотехнічна система для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності**

05.11.17 — Біологічні та медичні прилади і системи

технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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

А. Д. Гордєєв

(підпис)

(Ініціали та прізвище дисертанта)

Науковий керівник Кузовик Вячеслав Данилович, доктор технічних наук, професор

Вінниця — 2018

## АНОТАЦІЯ

*Гордєєв А.Д.* Методи та біотехнічна система для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 - біологічні та медичні прилади і системи. - Національний авіаційний університет, МОН України, Київ. - Вінницький національний технічний університет, МОНУ України, Вінниця, 2018.

В дисертаційній роботі викладені результати досліджень щодо розробки методів та біотехнічної системи, що забезпечують підвищення ефективності професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності на прикладі полярників Антарктичної станції ім. «Академік Вернадський».

Проведено аналітичний огляд сучасних методів та біотехнічних систем для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності з метою дослідження їх ефективності, виявлення недоліків та переваг в їх роботі. В результаті досліджень виявлено наступні недоліки методів та біотехнічних систем: використання набору психологічних тестів, які оператори проходять в паперовому вигляді, через що втрачається якість тестування, а також значна кількість часу на проходження та аналіз результатів тестування; відсутність системного підходу до реалізації професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності; використання застарілих методів обробки електроенцефалографічних сигналів, без врахування особливостей роботи інформаційно-енергетичного поля людини; відсутність комплексних підходів які враховують індивідуальні психічні та фізіологічні особливості організму операторів екстремальних видів діяльності для їх професійного відбору; відсутність кількісних інтегральних показників психофізіологічного стану організму операторів для їх професійного відбору; програмне забезпечення по аналізу електроенцефалограм зосереджені на якісному, а не кількісному оцінюванні стану кори головного мозку людини і не оцінюють психофізіологічний стану організму операторів в цілому; недостатньо

використовуються методи перехідних процесів організму людини для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності.

В результаті проведеного дослідження визначені особистісні та професійні якості операторів екстремальних видів діяльності, що дозволило виявити головну психофізіологічну властивість екстремалів для виконання професійних обов'язків – адаптивність, яка включає в себе як набуті, так і вроджені характеристики операторів.

Для оптимізації використання технічних засобів кількісного оцінювання психофізіологічного стану організму операторів екстремальних видів діяльності, на основі нотації IDEF0, розроблено функціональну модель поетапного дослідження параметрів інформаційно-енергетичного поля організму для їх професійного відбору. Дослідження параметрів інформаційно-енергетичного поля з метою оцінювання психофізіологічного стану організму операторів екстремальних видів діяльності реалізовано за допомогою електроенцефалографу, кефалографу та параметрів крові.

Досліджено фактори впливу зовнішнього середовища, а також конструктивно-технологічні особливості апаратно-програмного тракту засобів вимірювання, на якість реалізації експериментальних досліджень професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності, врахування яких, дозволило створити діаграму Ісікаві та побудувати методіку експериментальних досліджень на основі перехідних та фонових процесів електроенцефалографії та кефалографії.

Враховуючи адаптаційні особливості операторів екстремальних видів діяльності, реалізовано кількісну класифікацію досліджуваних за типом темпераменту на основі розробленого методу їх класифікації за категорією темпераменту та розрахунку рівня їх психічної придатності. Зазначений метод забезпечений трьома психологічними тестами, та двома антропометричними показниками. Враховуючи кількісні показники зазначеного методу, а також використовуючи метод алгебри логіки множин, реалізовано класифікацію операторів екстремальних видів діяльності на 36-ть типів ригідності ( $N$ ), що дозволило отримати притаманні певній групі інформативні показники та збільшити

ефективність створення бази даних для збору та систематизації психофізіологічних параметрів.

На основі зазначених психологічних тестів та антропометричних даних розроблено метод розрахунку кількісного показника рівня психічної придатності ( $Q_{pr}$ ) операторів екстремальних видів діяльності, який кількісно характеризує рівень їх психічної придатності, що дозволило оцінити стан інформаційно-енергетичного поля їх організму та розробити частину програмного забезпечення для професійного відбору.

Для кількісного оцінювання рівня фізіологічної придатності операторів екстремальних видів діяльності розроблено метод розрахунку коефіцієнта енергетичної щільності ( $Q_{eeg}$ ) на основі обробки електроенцефалографічних даних, що дозволяє оцінити стан інформаційно-енергетичного поля їх організму.

На основі зазначених методів та засобів, розроблено біотехнічну систему для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності, що складається чотирьох підсистем, які забезпечують реєстрацію даних, зберігання даних, оброблення зареєстрованих даних, розрахунок нормованих параметрів на основі попередньо зібраних даних, що дозволяє медику-спеціалісту реалізувати експертне рішення щодо професійної придатності операторів.

Біотехнічна система включає автоматизовану систему підтримки прийняття рішень з математичною моделлю взаємозв'язку параметрів інформаційно-енергетичного поля, що дозволило комп'ютеризувати процедуру професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності.

Також, комп'ютеризовано систему статистичного розрахунку нормованих інтервальних оцінок психофізіологічних параметрів організму операторів екстремальних видів діяльності за наявності малої вибірки даних із застосуванням робастного методу та методу ітераційного моделювання Монте-Карло, що, як наслідок, підвищує достовірність статистичних параметрів психофізіологічного стану інформаційно-енергетичного поля організму операторів екстремальних видів діяльності та надає медику-спеціалісту можливість користуватись ефективною

автоматичною системою підтримки прийняття рішень щодо професійної придатності операторів.

Застосовуючи зазначену систему статистичного розрахунку, було розраховано нормований діапазон для параметрів інформаційно-енергетичного поля з представниками однієї з груп професій операторів екстремальних видів діяльності – антарктичними зимівниками (полярники), а також досліджуваними неекстремальних видів діяльності (кількість учасників в обох групах – по 36 чоловік, при  $P=0,95$ ). Параметр рівня психічної придатності операторів екстремальних видів діяльності має нормований діапазон:  $79,30\% < Q_{pr} < 84,75\%$  (для операторів неекстремальних видів діяльності параметр склав діапазон  $56,37\% < Q_{pr} < 69,64\%$ ). Результати досліджень показали, що метод розрахунку рівня психічної придатності ( $Q_{pr}$ ) чутливий під час професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності, що підтверджувалось результатами досліджень інших параметрів інформаційно-енергетичного поля організму операторів.

Так, як серед представників професії антарктичних зимівників найчастіше зустрічались оператори 31-го та 35-го номеру типу ригідності ( $N$ ) результати досліджень параметрів інформаційно-енергетичного поля представлено для визначених підгруп операторів. В експерименті приймали участь 13 операторів 31-го та 12 операторів 35-го номеру типу ригідності.

Розрахований параметр кефалографії для антарктичних зимівників має наступний нормований діапазон: для 31-го номеру типу темпераменту  $1,13 < K_{kef\_31} < 2,53$ ; для 35-го номеру типу темпераменту  $0,48 < K_{kef\_35} < 2,16$ . Розрахований параметр електроенцефалографії для антарктичних зимівників має наступний нормований діапазон: для 31-го номеру типу темпераменту  $0,7415 < Q_{eeg\_31} < 0,7521$ ; для 35-го номеру типу темпераменту  $0,8355 < Q_{eeg\_35} < 0,8431$ .

На основі отриманих результатів експериментів розроблено математичну та графічну модель взаємозв'язку між параметрами інформаційно-енергетичного поля полярників, яка полягає у трьохвимірному представленні параметрів усередненої миттєвої швидкості спектральної щільності потужності фонового сигналу ( $Diff_{fon}$ ) та коефіцієнта кефалографії ( $K_{kef}$ ) у часовій області ( $t$ ).

При проектуванні ПЗ для біотехнічної системи використано мову моделювання UML (Universal model language), на основі якої обрано оптимально необхідну кількість діаграм, а саме: діаграма прецедентів (UseCase-діаграма); діаграма активності (Activity-діаграма); діаграма класів (Class-діаграма); діаграма сутність-зв'язок (Entity-relationship-діаграма).

Спроектовано реляційну базу даних на основі системи керування базами даних MySQL та описано її зв'язки і компоненти за допомогою мови UML, що дозволило об'єднати результати досліджень електроенцефалографії, кефалографії, психологічного тестування, аналізів крові та збору соціальних і антропометричних даних про операторів екстремальних видів діяльності, і як результат є можливість подальшого розширення досліджень на основі нових параметрів професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності.

В результаті проектування програмного забезпечення розроблено та протестовано платформонезалежний програмний продукт із графічним інтерфейсом та системою підтримки прийняття рішень для медика-спеціаліста на основі програмного середовища MatLab, яке реалізовує збір та обробку біомедичної інформації.

Наукова новизна роботи полягає у наступному. Вперше розроблено функціональну модель поетапного дослідження параметрів інформаційно-енергетичного поля організму операторів екстремальних видів діяльності, яка полягає у кількісному оцінюванні психофізіологічного стану їх організму за допомогою сучасних засобів та методів, що забезпечило оптимізацію кількості технічних засобів при розробці біотехнічної системи професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності.

Дістав подальшого розвитку метод класифікації операторів екстремальних видів діяльності за типом темпераменту, який на відміну від відомих враховує психологічну та фізіологічну складові особистості операторів екстремальних видів діяльності разом з адаптаційними можливостями, а також реалізовує розрахунок інтегрального кількісного параметру рівня психічної придатності ( $Q_{pr}$ ) операторів

екстремальних видів діяльності, що дозволило підвищити ефективність процедури професійного відбору за затраченим часом в 2,5 рази

Вперше розроблено метод оцінювання психофізіологічного стану організму операторів екстремальних видів діяльності на основі параметрів спектральної щільності потужності сигналів перехідних процесів енергетичного поля кори головного мозку, який полягає в розрахунку інтегрального кількісного коефіцієнту енергетичної щільності ( $Q_{eeg}$ ) для визначення рівня фізіологічної придатності операторів екстремальних видів діяльності, що дозволило підвищити ефективність професійного відбору на 18%.

Вперше розроблено математичну та графічну модель взаємозв'язку між параметрами інформаційно-енергетичного поля людини, яка полягає у трьохвимірному представленні параметрів усередненої миттєвої швидкості спектральної щільності потужності фоновому сигналу ( $Diff_{fon}$ ) та коефіцієнта кефалографії ( $K_{kef}$ ) у часовій області, яка дозволила реалізовувати поглиблене оцінювання психофізіологічного стану під час процедури професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності та прогнозувати динаміку зміни психофізіологічного стану організму операторів екстремальних видів діяльності під час їх перебування в екстремальних умовах зовнішнього середовища.

На основі проведених теоретичних та практичних досліджень розроблено та впроваджено наступне:

– Комп'ютеризовану процедуру класифікації операторів екстремальних видів діяльності за типом темпераменту, яка враховує їх адаптаційні особливості операторів екстремальних видів діяльності, що дозволило підвищити швидкість професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності в 2,5 рази, а також врахувати їх індивідуальні психофізіологічні характеристики для подальшого збору біомедичної інформації;

– Платформонезалежне програмне забезпечення із графічним інтерфейсом та систему підтримки прийняття рішень для медика-спеціаліста на основі програмного середовища MatLab, яке реалізовує збір та обробку біомедичної інформації, що

дозволило збільшити ефективність професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності на 18% в порівнянні з аналогічним програмним забезпеченням;

– Реляційну базу даних на основі MySQL для зберігання експериментальних даних біотехнічної системи, що дозволило об'єднати експериментальні дані досліджень, а також створити на їх основі базу знань для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності;

– Біотехнічну систему, яка включає підсистеми збору, зберігання, оброблення даних та підтримки прийняття рішення, що дозволило автоматизувати процедуру професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності, а, отже, підвищити її ефективність.

Результати дисертаційної роботи застосовано у виробничий процес Національного антарктичного наукового центру (м.Київ) та ДУ «Національний інститут хірургії та трансплантології ім. О.О. Шалімова» НАМН України (м. Київ), а також у навчальний процес на кафедрі біокібернетики та аерокосмічної медицини (БІКАМ) Національного авіаційного університету (НАУ), що підтверджується відповідними актами.

*Ключові слова:* біотехнічна система, електроенцефалографія, кефалографія, професійний відбір, психофізіологія, система прийняття рішень, психологічне тестування.



## ANNOTATION

Gordieiev A.D. Methods and biotechnical system for professional recruiting of extreme activities operators'. – Qualifying science work manuscript copyright.

Dissertation for obtaining the scientific degree of technical sciences candidate (PhD) in specialty 05.11.17 – biology and medical equipments and system. - National Aviation University, Kyiv. - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2018.

Dissertation present the results of researches on the development of methods and biotechnical system which provide increase of efficiency of professional recruiting of extreme activity operators' on an example of polar explorers of Antarctic station "Academician Vernadsky".

An analytical review of modern methods and biotechnical systems for professional recruiting of extreme activity operators' is conducted in order to research their effectiveness, identify disadvantage and advantages in their work. As a result of the research, the following disadvantage of methods and biotechnical systems were revealed: using psychological tests cases, which operators are fill in paper form, which results in the quality of testing lost, as well as a significant amount of time for passing and analysis of test results; lack of a systematic approach to the implementation of professional recruiting of extreme activity operators'; use of outdated methods of electroencephalographic signals processing, without taking into account the features of the work of the human information-energy field; the lack of integrated approaches that take into account the individual psychological and physiological features of the organism of extreme activity operators' for their professional recruiting; the lack of quantitative integral indicators of the psychophysiological state of the extreme activity operators' organism for their professional recruiting; The software for the analysis of electroencephalograms focuses on qualitative, not quantitative assessment of the human cerebral cortex state and does not assess the psychophysiological state of the body of operators in general; the lack using methods of transient processes of the human body for the professional recruiting of extreme activity operators'.

As a result of the research, the personal and professional qualities of extreme activity operators' were determined, which allowed to identify the main psychophysiological property of extremal operators for performing professional duties - adaptability, which includes both acquired and innate characteristics of person.

To optimize the use of technical device for quantitative assessment of the psychophysiological state of extreme activity operators' a functional model of the stage-by-stage study of the parameters of the information-energy field of the organism for their professional recruiting has been developed that based on the IDEF0 notation. Research of the parameters of the information-energy field for assessing the psychophysiological state of extreme activity operators' organism is realized with an electroencephalograph, a kephalograph and blood parameters.

The factors influencing the external environment, as well as the structural and technological features of the hardware and software path of measuring device, that influence on the quality of the experimental research of professional recruiting of extreme activity operators'. That allowed to create a Ishikawa diagram and construct experimental research methods based on the transitional and background processes of electroencephalography and kephology.

Taking into account the adaptability of extreme activity operators', the quantitative classification of the studied by type of temperament is implemented with the help of developed method of their classification by the category of temperament and the calculation of their mental proficiency. This method is provided with three psychological tests, and two anthropometric indicators. Taking into account the quantitative indicators of this method, and also using the method of algebra logic sets, the classification of extreme activity operators' for 36 types of rigidity ( $N$ ) was implemented, which allowed to obtain the informative indicators in a certain group and increase the efficiency of creating a database for collecting and systematizing psychophysiological parameters.

Based on the mentioned psychological tests and anthropometric data, the method of calculating the quantitative index of the level of mental proficiency ( $Q_{pr}$ ) of extreme activity operators' was developed, which has made it possible to assess the state of the

information-energy field of their organism and develop part of the software for professional recruiting.

For quantitative assessment of the physiological proficiency of extreme activity operators', a method for calculating the energy density coefficient ( $Q_{eeg}$ ) based on the processing of electroencephalographic data has been developed, which allows for medical specialist to assess the state of the information-energy field of extreme activity operators' organism.

Based on the maintained methods a biotechnical system for the professional recruiting of extreme activity operators' was developed. This system consisting of four subsystems that provide data registration, data storage, processing of registered data, calculation of standardized parameters on the basis of pre-collected data, allows the medical specialist to implement expert decision about operators proficiency.

The biotechnical system includes an automated decision support system with a mathematical model of the interconnection of the parameters of the information-energy field, which allowed to computerize the procedure for the professional recruiting of extreme activity operators'.

Also, the system of statistical calculation of normalized interval estimates of psychophysiological parameters of extreme activity operators' organism in the presence of a small sample was computerize with using the robust method and the method of iterative modeling of Monte Carlo. As a consequence, this approach increases the reliability of statistical parameters of the psychophysiological state of the information-energy field of extreme activity operators' organism and gives the medical specialist the opportunity to use an efficient automated decision support system for professional recruiting.

Applying this statistical calculation, the normalized range for the parameters of the information-energy field was calculated with representatives of one of the groups of extreme activity operators' - antarctic winterers (polar explorers), and also non-extreme activity operator explored (the number of participants in both groups was 36, at  $P = 0.95$ ). The level of mental proficiency of extreme activity operators' has a normalized range:  $79.30\% < Q_{pr} < 84.75\%$  (for operators of non-extreme activity the parameter was  $56.37\% < Q_{pr} < 69.64\%$ ). The results of the research showed that the method of calculating the level

of mental proficiency ( $Q_{pr}$ ) is sensitive during the professional recruiting of extreme activity operators', which was confirmed by the other studies results.

Thus, as among the representatives of the antarctic wintering profession, the operators of the 31th and 35th rigidity type numbers ( $N$ ) most often met the results of research of the information-energy field parameters presented for certain subgroups of operators. The experiment was attended by 13 operators of the 31th and 12 operators of the 35th type of rigidity.

The calculated kephalograph parameter for antarctic winterers has the following normalized range: for the 31th temperament type  $1.13 < K_{kef\_31} < 2.53$ ; for the 35th temperament type  $0.48 < K_{kef\_35} < 2.16$ . The calculated electroencephalogram parameter for antarctic winterers has the following normalized range: for the 31st of temperament type  $0.7415 < Q_{eeg\_31} < 0.7521$ ; for the 35th of temperament type  $0,8355 < Q_{eeg\_35} < 0,8431$ .

Based on the experiment results, a mathematical and graphical model of the relationship between the parameters of the information-energy field of antarctic winterers was developed. This model consisting of the three-dimensional representation of the parameters of the average instantaneous velocity of the background signal spectral power density ( $Diff_{fon}$ ) and the coefficient of kefalography ( $K_{kef}$ ) in the time domain ( $t$ ).

When designing software for a biotechnical system, UML modeling (Universal model language) is used, which is based on optimal number of chosen diagrams, namely: a UseCase-diagram; Activity Diagram; class diagram; Entity-Relations diagram.

The relational database was designed that working on MySQL database management system. Was described database connections and components using the UML language, which allowed to combine the results of research on electroencephalography, kephalography, psychological testing, blood tests and the collection of social and anthropometric data extreme activity operators'. As a result there is a possibility of further expansion in research.

As a result of software design, a cross-platform software product with a graphical interface and decision-support system for a medical specialist was developed and tested on the MatLab software environment, which implements the collection and processing of biomedical information.

The scientific novelty of the work is as follows. For the first time, a functional model of the stage-by-stage study of the parameters of the information-energy field of extreme activity operators' organism was developed, which consists in quantitative assessment of the psychophysiological state of their organism with the help of modern device and methods, which ensured the optimization of the number of technical device in the development of the biotechnical system of professional recruiting.

The method of classification of extreme activity operators' by the type of temperament has been further developed, which, unlike the known ones, takes into account the psychological and physiological components of the extreme activity operators' together with the adaptive capabilities, and also implements the calculation of the integral quantitative parameter of the level of mental proficiency ( $Q_{pr}$ ), which made it possible to increase the efficiency of the professional recruiting procedure by 2.5 times over the time spent.

For the first time, a method for assessment the psychophysiological state of extreme activity operators' organism was developed that based on parameters of the spectral density of the transient processes signals of the cerebral cortex energy field, which is based on calculating the integral quantitative energy density ( $Q_{eeg}$ ) coefficient for determining the level of physiological proficiency of extreme activity operators', which allowed to increase the efficiency of professional recruiting by 18%.

For the first time, a mathematical and graphical model of the relationship between the parameters of the human information-energy field was developed, based on the three dimensional representation of the parameters of the average instantaneous velocity of the spectral density of the background signal ( $Diff_{fon}$ ) and the kephalograph coefficient ( $K_{kef}$ ) in the time domain ( $t$ ), which made it possible to realize in-depth assessment of the psycho-physiological state during the procedure of the extreme activity operators' professional recruiting and to predict the dynamics of changes in the psycho-physiological state of extreme activity operators' during their stay in extreme environments.

Based on theoretical and practical researches, the following was developed and implemented:

- Computerized procedure for classification of extreme activities operators' by the type of temperament, which takes into account their adaptation features, which allowed to increase the speed of professional recruiting by 2.5 times, as well as to take into account their individual psychophysiological characteristics for the further collection of biomedical information;
- Cross-platform graphical user interface and decision support system for a medical specialist based on the MatLab software environment that implements the collection and processing of biomedical information, which increased the efficiency of professional recruiting of extreme activities operators' by 18% that compared with similar software;
- A relational database based on MySQL for storing experimental data of the biotechnical system, which allowed combining the experimental data of the research, as well as create a knowledge base for the professional recruiting of extreme activities operators';
- A biotechnical system, which includes subsystems for collecting, storing, processing data and supporting decision-making, which allowed to automate the procedure for the professional recruiting of operators of extreme activities, and, therefore, increase its efficiency.

The results of the dissertation were applied to the production process of the National Antarctic Scientific Center (Kyiv) and the State University "National Institute of Surgery and Transplantology O.O. Shalimova", the National Academy of Medical Sciences of Ukraine (Kyiv), as well as in the educational process at the Department of Biocybernetic and Aerospace Medicine (BICAM) of the National Aviation University (NAU), which is confirmed by the relevant acts.

*Key words:* biotechnical system, electroencephalography, cephalography, professional recruiting, psychophysiology, decision-making system, psychological testing.

**Список публікацій:**

- [1] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Методика планування експериментальних досліджень психофізіологічного стану головного мозку”, *Вісник чернігівського державного технологічного університету*, №1(71), с. 174-180, 2014.
- [2] А. Гордєєв, “Інформаційна технологія процесу професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності”, *Інженерія програмного забезпечення*, №3(23), с. 64-74, 2015.
- [3] А. Гордєєв, В. Кузовик, та О. Булигіна “Розробка автоматизованої системи прийняття рішень для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності”, *Інженерія програмного забезпечення*, №4(24), с. 33-43, 2015.
- [4] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Статистична обробка параметрів перехідних процесів біоритмів кори головного мозку”, *Технологічний аудит та резерви виробництва*, т. 4, №4/2(30), с. 59-64, 2016. doi: 10.15587/2312-8372.2016.74649.
- [5] А. Гордєєв, В. Кузовик, та М. Назарчук, “Розробка алгоритму моделювання біологічних параметрів операторів екстремалів методом Монте-Карло”, *Технологічний аудит та резерви виробництва*, т. 4, №5/1(31), с. 17-21, 2016. doi: 10.15587/2312-8372.2016.79474.

*Статті в нефахових наукових виданнях:*

- [6] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Апаратно-програмний комплекс для оцінювання психофізіологічного стану оператора”, *Технологічний аудит та резерви виробництва*, т. 1, №5, с. 44-46, 2014. doi: 10.15587/2312-8372.2014.21740.

*Матеріали та тези конференцій:*

- [7] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Особливості оцінювання психофізіологічного стану учасників полярних експедицій”, на *VI Міжнар. Антарктичний конф. Інтернаціоналізація досліджень в Антарктиці - шлях до духовної єдності людства*, Київ, 2013, с. 404-405.
- [8] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Аспекты планирования и реализации экспериментальных исследований психофизиологического состояния операторов экстремальных видов деятельности”, на *23й Міжнар. конф.*

*КримИКо2013 СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*, Севастополь, 2013, с. 1081–1082.

- [9] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Діагностика і прогнозування психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності”, на *наук.-практ. конф. Інформаційні технології невралгії, психіатрії, епілептології і медичній статистиці*, Київ, 2013, с. 160.
- [10] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Аспекты методики психического отбора операторов экстремальных видов деятельности”, на *XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2014: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2014, с. 36.
- [11] А. Гордєєв, В. Кузовик, та Ю. Мосько, “Аспекти створення експертної системи оцінювання психофізіологічного стану операторів”, на *XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2014: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2014, с. 35.
- [12] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Методи та засоби прогнозування психофізіологічного стану кори головного мозку”, на *Всеукр. конф. Актуальні проблеми та перспективи біомедичної інженерії*, Київ, 2014, с. 47-49.
- [13] A. D. Gordieiev, and V.D. Kuzovyk, “Hardware-software system for evaluation operator’s psychophysiological state”, in *6th World congress Aviation in the XXI-st Century: Safety in Aviation and Space Technologies*, Kyiv, 2014, pp. 1.7.26-1.7.29.
- [14] А. Гордєєв, В. Кузовик, та Ю. Мосько, “Концептуальна модель дослідження інформаційних потоків організму людини”, на *наук.-техн. конф. студентів та молодих учених Наукоємні технології*, Київ, 2014, с. 53.
- [15] А. Гордєєв, В. Кузовик, та К. Тишковець, “Кореляційний зв'язок психофізичних показників з біопотенціалами кори головного мозку операторів”, на *наук.-техн. конф. студентів та молодих учених Наукоємні технології*, Київ, 2014, с. 54.
- [16] А. Гордєєв, В. Кузовик, та К. Тишковець, “Створення програмно-біоінформаційної бази даних для поглибленого оцінювання психофізіологічного стану людини”, на *VIII Міжнар. Антарктичній конференції: Антарктичні дослідження: нові горизонти та пріоритети*. Київ, 2015, с. 196–198.



- [17] А. Гордєєв, та Ю. Монько, “Визначення інформативних параметрів перехідних процесів електроенцефалограми”, на *VII Міжнар. Антарктичній конференції: Антарктичні дослідження: нові горизонти та пріоритети*, Київ, 2015, с. 185–187.
- [18] А. Гордєєв, та Т. Логошко, “Дослідження особливостей електричної активності головного мозку людини при порушеннях барофункції слухового апарату”, на *VII Міжнар. Антарктичній конференції Антарктичні дослідження: нові горизонти та пріоритети*, Київ, 2015, с. 179–181.
- [19] А. Гордєєв, та І. Нагаюк, “Особливості оцінювання психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності”, на *XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2015: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2015, с. 33.
- [20] А. Гордєєв, та Т. Логошко, “Особливості оцінювання фізіологічного стану здоров’я слухового апарату людини”, на *XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2015: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2015, с. 34.
- [21] А. Гордєєв, та Ю. Монько, “Визначення інформативних параметрів перехідних процесів електроенцефалограми”, на *XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2015: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2015, с. 35.
- [22] А. Гордєєв, та К. Тишковець, “Огляд сучасних датчиків реєстрації біосигналів організму людини”, на *XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2015: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2015, с. 36.
- [23] А. Гордєєв, “Система прийняття рішень щодо професійної придатності операторів екстремальних видів діяльності”, на *Всеукр. наук.-техн. конф. Актуальні проблеми автоматики та приладобудування*, Харків, 2015, с. 31-32.
- [24] А. Гордєєв, та В. Рудник, “Аналіз психофізіологічного стану антарктичних зимівників на основі обробки електроенцефалограми”, на *XVI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2016: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2016, с. 195.
- [25] А. Гордєєв, та С. Сиваш, “Аналіз факторів впливу на якість вимірювання

біосигналів людини”, на *XVI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2016: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2016, с. 196.

- [26] A. D. Gordieiev, and V. D. Kuzovyk, “The statistical approach for diagnosis and prediction operator’s psychophysiological states”, *7th world congress Aviation in the XXI-st Century: Safety in Aviation and Space Technologies*, Kiyv, 2016, pp. 1.6.10-1.6.14.
- [27] А. Гордєєв, та Ю. Філіпова, “Аспекти створення комплексу контролю за реабілітацією психофізіологічного стану операторів”, на *II Всеукр. наук.-практ. конф. Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку*, Луцьк, 2016, с. 25-26.
- [28] А. Гордєєв, та К. Дейнеко, “Метод смугової обробки електроенцефалограми для оцінювання психофізіологічного стану антарктичних зимівників”, на *VIII Міжнар. Антарктичній конф. присвячена 25-річчю приєднання України до договору про Антарктиду*, Київ, 2017, с. 214–215.
- [29] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Інформаційна технологія оцінювання та прогнозування психофізіологічного стану антарктичних зимівників”, на *VIII Міжнар. Антарктичній конф. присвячена 25-річчю приєднання України до договору про Антарктиду*, Київ, 2017, с. 223–224.
- [30] А. Гордєєв, та М. Барзій, “Метод корекції зміщення вертексу голови людини на основі платформи Arduino”, на *XVII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2017: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2017, с. 9.

*Патенти та авторські свідоцтва:*

- [31] А. Гордєєв, В. Кузовик, та О. Булигіна, авторське право на комп’ютерну програму “Розрахунок інформативних параметрів електроенцефалограми для оцінювання психофізіологічного стану операторів”, №52712, Груд. 20, 2013.
- [32] А. Гордєєв, В. Кузовик, К. Тишковець, авторське право на комп’ютерну програму “Комп’ютеризована інформаційна система психофізіологічного відбору операторів екстремальних видів діяльності”, №66533, Лип. 11, 2016.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	22
ВСТУП	23
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ	31
1.1 Дослідження факторів впливу на психофізіологічний стан організму операторів екстремальних видів діяльності	31
1.2 Характеристика сучасних методів та засобів оцінювання психофізіологічного стану організму з метою професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності	37
1.3 Аналіз сучасних комп'ютеризованих інформаційних систем для професійного відбору операторів	42
1.4 Аналіз інформаційно-енергетичного поля організму людини	47
Висновки до розділу 1	55
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ ОПЕРАТОРІВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ	58
2.1 Кваліфікаційний відбір операторів екстремальних видів діяльності за категоріями темпераменту	58
2.2 Планування багатофакторного експерименту з метою визначення рівня професійної придатності операторів екстремальних видів діяльності	70
2.3 Метод розрахунку рівня психічної професійної придатності операторів екстремальних видів діяльності	79
2.4 Метод розрахунку рівня фізіологічної професійної придатності операторів екстремальних видів діяльності	91

	20
Висновки до розділу 2	100
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОГО ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ	102
3.1 Структура біотехнічної системи для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності	102
3.2 Розробка системи підтримки прийняття рішень для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності	105
3.3 Алгоритм статистичної обробки даних для визначення нормованих параметрів інформаційно-енергетичного поля операторів екстремальних видів діяльності	111
3.4 Результати експериментальних досліджень психофізіологічного стану організму операторів екстремальних видів діяльності	120
Висновки до розділу 3	127
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ	129
4.1 Інженерне проектування програмного забезпечення для біотехнічної системи	129
4.2 Проектування бази даних та бази знань для програмного забезпечення	138
4.3 Практичне застосування біотехнічної системи для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності	142
4.4 Тестування та налагодження розробленого програмного забезпечення	149

	21
Висновки до розділу 4	154
ВИСНОВКИ	157
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	159
ДОДАТКИ	173
Додаток А Список публікацій здобувача	174
Додаток Б Методи та засоби психологічного та психофізіологічного моніторингу зимівників	179
Додаток В Порівняльна таблиця сучасних апаратно-програмних комплексів для професійного відбору операторів	184
Додаток Д Аналіз кореляційних зв'язків біоритмів кори головного мозку людини	185
Додаток Е Тестові питання щодо групування фахівців за категоріями темпераменту	186
Додаток Ж Ключі відповідей для тесту Айзенка	198
Додаток З Ключі відповідей для «Томського опитувальника ригідності Залевського»	199
Додаток И Таблиця нормованих значень показників крові, які визначаються для антарктичних зимівників	204
Додаток К Змодельовані показники аналізу крові антарктичних зимівників	205
Додаток Л UML Activity-діаграми розробленого програмного забезпечення для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності	206
Додаток М Акти впровадження дисертаційної роботи	213

## ВСТУП

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Аналіз літературних джерел показав, що 80% авіаційних катастроф, 70% катастроф в атомній енергетиці та 64% на морському флоті сталися через помилкові дії фахівців, тобто через людський фактор. Майже у 95% учасників антарктичних експедицій мали місце порушення психофізіологічного стану (ПФС) організму внаслідок довготривалої дії екстремальних умов зовнішнього середовища. Тому, для зниження небезпечних наслідків діяльності операторів екстремальних видів діяльності (ОЕВД) є актуальним питання їх ефективного професійного відбору, що реалізується завдяки дослідженню параметрів інформаційно-енергетичного поля (ІЕП) їх організму апаратно-програмними засобами.

Серед відомих світових та вітчизняних наукових шкіл, які працюють у напрямі дослідження психофізіологічних резервів організму та професійного відбору ОЕВД, в першу чергу слід виділити такі школи: Р. С. Уейнберга, В. А. Бодрова, Л. І. Лебедєва, Б. Ф. Ломова, В. А. Литвинова, Є. В. Моїсєєнка, О. А. Мірошніченко, В. Д. Кузовика, С. В. Павлова, С. М. Злепка, С. В. Тимчика, О. Т. Кожухаря, О. М. Роїка, Й. Й. Білинського та інші.

Враховуючи професійні особливості ОЕВД, визначено поняття ефективності професійного відбору як здатність оператора виконувати поставлені завдання з найменшими витратами часу та зусиль. При цьому, кількісно оцінити ефективність виконання професійного відбору ОЕВД можна за допомогою: - верифікації прогнозу відбору із фактичними результатами професійної придатності операторів; - порівнянні часу затраченого на реалізацію процедури професійного відбору до та після введення розробленої біотехнічної системи в експлуатацію.

Досліджуючи сучасні апаратно-програмні біотехнічні системи для професійного відбору ОЕВД було виявлено ряд недоліків, а саме:

– зазвичай, не забезпечується попереднє групування ОЕВД за індивідуальними психофізіологічними характеристиками, що погіршує формування баз даних (БД) на основі біомедичної інформації;

- не включається розрахунок кількісних інтегральних показників ПФС організму ОЕВД, які враховують адаптаційні можливості операторів, що призводить до порушень працездатності ОЕВД в екстремальних умовах зовнішнього середовища;
- наявність суб'єктивної оцінки результатів електроенцефалографії медичним персоналом під час професійного відбору ОЕВД через трудомісткість процесу обробки сигналів електроенцефалограми (ЕЕГ);
- відсутність універсальності програмного забезпечення (ПЗ) через орієнтованість на професійний відбір операторів певної професії;
- недостатнє використання реляційних БД та ПЗ з графічним інтерфейсом розробленим для медичного персоналу, які здійснюють професійний відбір ОЕВД.

Додатково до перерахованих недоліків можна зазначити, що під час професійного відбору ОЕВД, зазвичай, використовуються некомп'ютеризовані комплексні дослідження, які складаються з психологічних тестів та складних тренажерних установок. Відсутність комп'ютеризації біотехнічних систем під час процедури професійного відбору ОЕВД погіршує реалізацію та інтерпретацію результатів досліджень, а отже знижує ефективність професійного відбору ОЕВД.

Вирішення задач, направлених на усунення перерахованих недоліків, може бути успішно виконане шляхом удосконалення та розвитку методів і моделей, а також створення на їх основі біотехнічної системи для професійного відбору ОЕВД як на етапі професійного відбору ОЕВД, так і на етапі прогнозування ПФС їх організму під час виконання професійних обов'язків в екстремальних умовах зовнішнього середовища.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні «Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань» та «Інформаційні та комунікаційні технології». Основний зміст роботи складають дослідження виконані в період 2012-2017 років відповідно до тематичних планів виконання науково-дослідних робіт у Національному авіаційному університеті, зокрема: «Створення біомедичної програмно-апаратної системи дослідження та оцінювання стану центральної

нервової діяльності антарктичних зимівників» (№ державної реєстрації 0113U006119); «Розробка методів оцінки психофізіологічного стану операторів»; «Розробка методів побудови системи для підвищення вірогідності оцінювання психофізіологічного стану фахівців екстремальних видів діяльності».

Участь автора у зазначених науково-дослідних роботах, безпосереднім виконавцем яких він був, полягає у розробці комплексного програмного забезпечення для оцінювання психофізіологічного стану ОЕВД з метою професійного відбору на основі визначення інформативних показників за результатами дослідження ЕЕГ та параметрів крові з урахуванням попереднього розподілу фахівців за категоріями темпераменту.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності процедури професійного відбору ОЕВД шляхом розробки та вдосконалення методів і моделей для кількісного оцінювання ПФС організму операторів, а також створення на їх основі сучасної біотехнічної системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналітичний огляд сучасних методів та біотехнічних систем для професійного відбору ОЕВД з метою дослідження їх ефективності, виявлення недоліків та переваг в їх роботі;
- розробити функціональну модель дослідження параметрів ІЕП організму ОЕВД для оптимізації використання технічних засобів кількісного оцінювання ПФС організму ОЕВД;
- розробити метод класифікації ОЕВД за категорією темпераменту та розрахунку рівня психічної придатності ОЕВД;
- розробити метод розрахунку рівня фізіологічної придатності ОЕВД на основі обробки електроенцефалографічних сигналів;
- розробити автоматизовану систему підтримки прийняття рішень (СППР) з математичною моделлю взаємозв'язку параметрів ІЕП на основі розробленої біотехнічної системи для комп'ютеризації процедури професійного відбору ОЕВД;
- розробити ПЗ з рекомендаціями до методики експериментальних досліджень з метою реалізації процедури ефективного професійного відбору ОЕВД.



*Об'єкт досліджень* – процедура оцінювання ПФС організму ОЕВД.

*Предмет досліджень* – методи та біотехнічна система визначення рівня професійної придатності ОЕВД.

**Методи дослідження.** В процесі дисертаційного дослідження були використані: методи математичної статистики для визначення інтервальних оцінок рівня психологічної та фізіологічної придатності операторів; методи проектування програмних продуктів на основі мови UML, для проектування ПЗ; методологія функціонального моделювання IDEF0, для розробки контекстної діаграми функціональної моделі професійного відбору ОЕВД; методи обробки спектральної щільності потужності сигналів електроенцефалограми, для розрахунку інтегрального кількісного коефіцієнту енергетичної щільності; ітераційне моделювання методом Монте-Карло, для отримання достатньої кількості вибірки експериментальних даних; робастний метод обробки статистичних даних, для збереження експериментальних значень у генеральній сукупності, які підлягають виключенню з вибірки на початкових стадіях заповнення БЗ; алгебра логіки множин для групування ОЕВД за типом темпераменту; методи експериментальних досліджень для перевірки роботи та ефективності розробленої біотехнічної системи. Побудову програмного забезпечення, а також обробку результатів експериментальних досліджень здійснювали за допомогою програми MatLab 2016a.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому, що вперше розроблено методи та моделі, а також створено на їх основі біотехнічну систему, для вирішення науково-прикладної проблеми підвищення ефективності процедури професійного відбору ОЕВД за рахунок кількісного оцінювання ПФС організму ОЕВД. Основні отримані результати виконаної роботи:

– Вперше розроблено функціональну модель поетапного дослідження параметрів ІЕП організму ОЕВД, яка полягає у кількісному оцінюванні ПФС організму ОЕВД за допомогою сучасних засобів та методів, що забезпечило оптимізацію кількості технічних засобів при розробці біотехнічної системи професійного відбору ОЕВД;

– Дістав подальшого розвитку метод класифікації ОЕВД за типом темпераменту, який на відміну від відомих враховує психологічну та фізіологічну складові особистості ОЕВД разом з адаптаційними можливостями, а також реалізовує розрахунок інтегрального кількісного параметру рівня психічної придатності ( $Q_{pr}$ ) ОЕВД, що дозволило підвищити ефективність процедури професійного відбору за затраченим часом в 2,5 рази;

– Вперше розроблено метод оцінювання ПФС організму ОЕВД на основі параметрів спектральної щільності потужності (СЩП) сигналів перехідних процесів енергетичного поля кори головного мозку (КГМ), який полягає в розрахунку інтегрального кількісного коефіцієнту енергетичної щільності ( $Q_{eg}$ ) для визначення рівня фізіологічної придатності ОЕВД, що дозволило підвищити ефективність професійного відбору на 18%;

– Вперше розроблено математичну та графічну модель взаємозв'язку між параметрами ІЕП людини, яка полягає у трьохвимірному представленні параметрів усередненої миттєвої швидкості СЩП фоновому сигналу ( $Diff_{fon}$ ) та коефіцієнта кефалографії ( $K_{kef}$ ) у часовій області, яка дозволила реалізовувати поглиблене оцінювання ПФС під час процедури професійного відбору ОЕВД та прогнозувати динаміку зміни ПФС організму ОЕВД під час їх перебування в екстремальних умовах зовнішнього середовища.

#### **Практичне значення отриманих результатів** полягає в наступному:

– Комп'ютеризовано процедуру класифікації ОЕВД за типом темпераменту, яка враховує адаптаційні особливості ОЕВД, що дозволило підвищити швидкість професійного відбору ОЕВД в 2,5 рази, а також врахувати їх індивідуальні психофізіологічні характеристики для подальшого збору біомедичної інформації;

– Розроблено платформонезалежне ПЗ із графічним інтерфейсом та СППР для медика-спеціаліста на основі програмного середовища MatLab, яке реалізовує збір та обробку біомедичної інформації, що дозволило збільшити ефективність професійного відбору ОЕВД на 18% в порівнянні з аналогічними ПЗ;

– Розроблено реляційну базу даних на основі MySQL для зберігання експериментальних даних біотехнічної системи, що дозволило об'єднати

експериментальні дані досліджень, а також створити на їх основі базу знань (БЗ) для професійного відбору ОЕВД;

– Розроблено біотехнічну систему, яка включає підсистеми збору, зберігання, оброблення даних та підтримки прийняття рішення, що дозволило автоматизувати процедуру професійного відбору ОЕВД, а, отже, підвищити її ефективність.

Результати дисертаційної роботи впроваджено у виробничий процес Національного антарктичного наукового центру (м.Київ) та ДУ «Національний інститут хірургії та трансплантології ім. О.О. Шалімова» НАМН України (м. Київ), а також у навчальний процес на кафедрі біокібернетики та аерокосмічної медицини (БІКАМ) Національного авіаційного університету (НАУ), що підтверджується відповідними актами:

- акт від 29.10.2014 р. про використання в результатах спільної з Національним антарктичним науковим центром НДР (№ ДР 0113U006119) методу класифікації ОЕВД за типом темпераменту з кількісним розрахунком їх рівня психічної та фізіологічної професійної придатності, а також математичну модель процесу взаємозв'язку між параметрами усередненої миттєвої швидкості СЩП фонового сигналу ЕЕГ та коефіцієнта кефалографії у часовій області, що дозволило підвищити ефективність процедури професійного відбору ОЕВД;

- акт від 09.09.2016 р. про використання в ДУ «Національний інститут хірургії та трансплантології ім. О.О. Шалімова» методу статистичної обробки сигналів СЩП ЕЕГ, а також ПЗ із СППР для оцінювання ПФС організму ОЕВД, що сприяло автоматизації процедури професійного відбору на основі розробленої біотехнічної системи;

- акт від 13.10.2016 р. про впровадження в навчальний процес кафедри БІКАМ НАУ концептуальну модель ІЕП людини, а також методику та особливості реалізації експериментальних досліджень оцінювання ПФС організму ОЕВД при викладенні навчальних дисциплін для студентів спеціальності 7.05090204 «Біотехнічні та медичні апарати і системи», 6.051402 «Біомедична інженерія», що сприяло поглибленню знань студентів в напрямку створення біотехнічних систем, апаратно-програмних комплексів, та медичних баз даних.

**Особистий внесок здобувача.** Всі результати, які складають основний зміст дисертації отримані здобувачем самостійно. В роботах опублікованих в співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в наступному: в [9, 10, НАУ] – запропоновано підхід до класифікації операторів за типом темпераменту; в [4, 21, НАУ] – розроблено підхід статистичної обробки параметрів перехідних процесів біоритмів КГМ; в [7, 30, НАУ] – розглянуто підхід до реєстрації кефалографічних даних; в [17, 21, 29, НАУ] – розроблено модель дослідження параметрів ІЕП організму людини; в [31, 32, НАУ] – реалізовано проектування ПЗ для професійного відбору ОЕВД; в [3, 6, 13, НАУ] – запропоновано структурну схему біотехнічної системи та алгоритм СППР для професійного відбору ОЕВД; в [1, 8, НАУ] – запропоновано методику реалізації експериментальних досліджень для професійного відбору ОЕВД; [19, 27, НАУ] в – розглянуто особливості оцінювання ПФС організму ОЕВД; [18, 20, НАУ] – представлено особливості дослідження аудіо-візуальної стимуляції перехідних процесів ЕЕГ ОЕВД; в [14, 15, НАУ] – представлено особливості роботи ІЕП людини; в [24, 26, 28, НАУ] – розроблено методику обробки сигналів КГМ; в [5, 12, НАУ] – запропоновано підхід моделювання біологічних параметрів ОЕВД методом Монте-Карло; в [11, 16, НАУ] – розроблено БД експериментальних досліджень; в [22, 25, НАУ] – розроблено діаграму Ісікаві факторів впливу на процедуру професійного відбору ОЕВД.

**Апробація результатів дисертації.** Наукові та практичні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародних та вітчизняних науково-технічних семінарах і конференціях, зокрема:

- VI, VII, VIII міжнародній Антарктичній конференції, 2013, 2015, 2017, м. Київ;
- XIV, XV, XVI, XVII міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Політ: Сучасні проблеми науки», 2014, 2015, 2016, 2017, м. Київ;
- всесвітніх конгресах «Aviation in the XXI-st Century: «Safety in Aviation and Space Technologies», 2014, 2016, м. Київ;
- 23-й міжнародній конференції «КримІЖо2013: СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», 2013, м. Севастополь;

- міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології невралгії, психіатрії, епілептології і медичній статистиці», 2013, м. Київ;
- всеукраїнській конференції «Актуальні проблеми та перспективи біомедичної інженерії», 2014, м. Київ;
- науково-технічній конференції студентів та молодих учених «Наукоємні технології», 2014, м. Київ;
- всеукраїнській науково-технічній конференції «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування», 2015, м. Харків;
- II всеукраїнській науково-практичній конференції «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку», 2017, м. Луцьк.

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 216 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 11 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 136 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 39 таблицями, 43 рисунками. Список використаних джерел містить 123 найменування, з них 118 кирилицею та 5 латиницею.

Робота виконана в Національному Авіаційному Університеті на кафедрі біокібернетики та аерокосмічної медицини.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Держспоживстандарт України. Наказ № 327. (2010, Лип. 28). *Про затвердження, внесення зміни та скасування нормативних документів*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon3.rada.gov.ua/rada/show/v0327609-10>.
- [2] МОЗ України. Закон № 528. (2001, Груд. 27). *Про затвердження Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon3.rada.gov.ua/rada/show/v0528282-01>.
- [3] Я.В Крушельницька, *Фізіологія і психологія праці*. Київ, Україна: КНЕУ, 2003.
- [4] В.А. Бодров. *Психология профессиональной пригодности: учебное пособие для вузов*. Москва, Россия: ПЕР СЭ, 2006.
- [5] Офіційний сайт Національного Антарктичного Наукового центру [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.uac.gov.ua/>. Дата звернення: Листоп. 1, 2017.
- [6] Є.В. Моїсеєнко, “Стратегія фармакологічної корекції порушень адаптації людини до умов Антарктики”, на *VIII читанні В.В. Підвисоцького*, Одеса, 2009, с. 165-166.
- [7] Е.В. Моїсеєнко, П.И. Волков, С.В. Черный, и Г.Ю. Пышнов “Пути совершенствования технологии мониторинга психических и психофизиологических функций зимовщиков станции Академик Вернадский”, на *V Міжнар. антарктичній конференції Антарктика і глобальні системи землі: нові виклики та перспективи*. Київ, 2011, с. 292-294.
- [8] Є.В. Моїсеєнко, В.Д. Кузовик, та В.А. Литвинов, *Основи технології медичного обстеження і реабілітації*. Київ, Україна: НАУ-друк, 2011.
- [9] Л.И. Лебедев, *Личность в экстремальных условиях*, Москва, Россия:

Политиздат, 1989.

- [10] В.И. Сухоруков, и Л.П. Забродина, “Особенности электрической активности мозга человека при длительном пребывании в условиях Антарктики”, *Український антарктичний журнал*, № 10–11, с. 365-369, 2011–2012.
- [11] А. Гордеев, та Т. Логошко, “Дослідження особливостей електричної активності головного мозку людини при порушеннях барофункції слухового апарату”, на *VII Міжнар. Антарктичний конференції Антарктичні дослідження: нові горизонти та пріоритети*, Київ, 2015, с. 179–181.
- [12] Е.В. Моисеенко, “Особенности адаптации человека в условиях антарктики”, *Наука і освіта*, №8, с. 133–137, 2014.
- [13] Є.В. Моїсеєнко, *Вимоги до стану здоров'я та медичного обстеження фахівців експедиційної діяльності української національної антарктичної програми (Методичні рекомендації)*. Київ, Україна: особисте, 2005.
- [14] О.А. Мірошніченко, “Дослідження психологічних особливостей характеру зимівників українських антарктичних експедицій”, *Український антарктичний журнал*, №12, с. 300-306, 2013.
- [15] В.Д. Кузовик, “Новітні засоби оцінки операторів екстремальних видів діяльності”, *Вісник ІАСУ НАУ*, №5, с. 52-58, 2005.
- [16] А.В. Швець, “Інформаційна технологія психофізіологічного оцінювання надійності діяльності та підтримки працездатності військових операторів”, дис. д-ра мед. наук., Науково-дослідний ін-т проблем військової медицини, Київ, Україна, 2015.
- [17] Р.С. Уэйнберг, и Д. Гоулд, *Основы психологии спорта и физической культуры*. Киев, Украина: Олимпийская литература, 1998.
- [18] Б.Ф. Ломов, *Справочник по инженерной психологии*. Москва, Россия: Книга по Требованию, 2013.
- [19] В.Е. Милерян, *Психология труда и профессионального образования:*

*Избранные научные труды.* Киев, Украина: НПП «Интерсервис», 2013.

- [20] МОЗ України. (Квіт. 04, 2006). Наказ № 197, *Про затвердження Методичних вказівок щодо застосування Переліку психофізіологічних критеріїв і методів для використання в системі ергономічної сертифікації нових технологій, машин і устаткування.* [Електронний ресурс]. Доступно: [http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn\\_20060404\\_197.html](http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn_20060404_197.html).
- [21] А.Г. Поворинский, и В.А. Заболотных, *Пособие по клинической электроэнцефалографии.* Ленинград, СССР: Наука, 1987.
- [22] С.В. Черный, и С.А. Махин, “Связь характеристик текущей ЭЭГ-активности с чертами личности, определенными с помощью 16-ти факторного опросника Кеттела”, *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Биология, Химия*, т. 18 (57), №2, с.161-168, 2005.
- [23] Д. Сивер, *Майнд машины. Открываем заново технологию аудио-визуальной стимуляции,* 2008 [Електронний ресурс] Доступно: [http://www.koob.ru/siever\\_dave/rediscovery](http://www.koob.ru/siever_dave/rediscovery). Дата звернення: Листоп. 1, 2017
- [24] Н.Н. Яхно, и Д.Р. Штульман, *Болезни нервной системы: Руководство для врачей.* Москва, Россия: Медицина, 2001.
- [25] А. Гордеев, та В. Кузовик, “Методика планування експериментальних досліджень психофізіологічного стану головного мозку”, *Вісник чернігівського державного технологічного університету*, №1(71), с. 174-180, 2014.
- [26] Л.Г. Висоцька, “Психофізіологічний відбір і шляхи адаптації полярників в умовах антарктичної експедиції”, зб. *Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами*, 2007. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://ap.uu.edu.ua/article/253>. Дата звернення: Листоп. 1, 2017
- [27] Є.В. Моїсеєнко, та ін., *Психофізіологічний супровід антарктичних експедицій: методичні рекомендації.* Київ, Україна: НАН України, Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця, 2006.



- [28] МОЗ України. (1994, Вер. 23). *Наказ № 263/121, Про затвердження Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі* [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0018-95>.
- [29] Ю.Ю. Оникієнко, О.В. Булигіна, та В.С. Гуралевич, “Засіб оцінки психофізіологічного стану полярників”, на *IV Міжнар. Антарктичний конференції III Міжнародний полярний рік 2007-2008: результати та перспективи*, Київ, 2009, с. 229.
- [30] Ю.Ю. Оникієнко, “Методи та біотехнічна система оцінювання психофізіологічного стану фахівців екстремальних видів діяльності”, дис. канд. техн. наук, Вінницький нац. техн. ун-т, Вінниця, Україна, 2015.
- [31] В.Д. Кузовик, та Ю.Ю. Оникієнко, “Функціонування оптичного каналу кефалографічного комплексу”, *Вісник інженерної академії України*, № 3-4, с. 88-92, 2014.
- [32] Ю.Ю. Оникієнко, та Є.В. Моїсеєнко, “Розробка нової технології оцінювання порушень психофізіологічних функцій людини”, на *Міжнар. наук.-практ. конф. Актуальні питання курортології, фізіотерапії та медичної реабілітації*, Ялта, 2012, с. 144.
- [33] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Статистична обробка параметрів перехідних процесів біоритмів кори головного мозку”, *Технологічний аудит та резерви виробництва*, т. 4, №4/2(30), с. 59-64, 2016. doi: 10.15587/2312-8372.2016.74649.
- [34] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Діагностика і прогнозування психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності”, на *наук.-практ. конф. Інформаційні технології невралгії, психіатрії, епілептології і медичній статистиці*, Київ, 2013, с. 160.
- [35] В.Л. Дюк, *Компьютерная психодиагностика*. Санкт-Петербург, Россия.: Братство, 1994.
- [36] А. Анастаси, и С. Урбина, *Психологическое тестирование*. Москва, Россия:

Питер, 1982.

- [37] С.М. Злепко, Л.Г. Коваль, М.Т. Бондарчук, С.В. Тимчик, та С.А. Петрушин, *Інформаційна технологія психофізіологічного тестування і відбору персоналу для органів внутрішніх справ України*. Вінниця, Україна: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008.
- [38] Н.Ф. Лукьянова, Е.Н. Локшина, В.Б. Малкин, Б.Л. Покровский, и Д.И. Шпаченко, “Поиск корреляции между психологическими особенностями личности и некоторыми параметрами ЭЭГ. Информационное значение биоэлектрических потенциалов головного мозга” на *симп. ВМедА им. СМ. Кирова*, Ленинград, 1974, с. 9-10.
- [39] В.Б. Малкин, “Использование электроэнцефалографии при отборе кандидатов в летные училища”, *Военно-медицинский журнал*, № 5, с. 46-48, 1978.
- [40] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Методи та засоби прогнозування психофізіологічного стану кори головного мозку”, на *Всеукр. конф. Актуальні проблеми та перспективи біомедичної інженерії*, Київ, 2014, с. 47-49.
- [41] О.А. Мірошніченко, Є.В. Моїсеєнко, та В.А. Литвинов, *Основи психологічних досліджень операторів в екстремальних умовах діяльності*. Житомир, Україна: Рута, 2015.
- [42] B. Telenczuk, S. N. Baker, V. M. Herz, and G. Curio, “High-frequency EEG covaries with spike burst patterns detected in cortical neurons”, *Journal of neurophysiology*, no. 105, pp. 2951-2959, 2011.
- [43] Т. Хьюстон, и Д. Питни, *Поиски духа в тканях пространства и времени*. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://prosvetlenie.daism.ru/en/node/126>. Дата обращения: Листоп. 1, 2017.
- [44] Т.Г. Момот, *Электроэнцефалография в клинической практике*. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://treDEX-company.com/ru/elektroentsefalografiya-v-klinicheskoy-praktike>. Дата обращения: Листоп. 1, 2017.

- [45] В.М. Смирнов, *Нейрофизиология и высшая нервная деятельность детей и подростков*. Москва, Россия: Академия, 2000.
- [46] Р. Шмидт, и Г. Тевс, *Физиология человека*. Москва, Россия: МИР, 1996.
- [47] В.В. Жуков, и Е.В. Пономарева, *Клеточная организация нервной системы*. Калининград, Россия: Калинингр. ун-т., 1998.
- [48] В.И. Торшин, В.М. Власова, и Н.А. Агаджанян, *Основы физиологии человека*. Москва, Россия: РУДН, 2001.
- [49] В.Ф. Сазонов, *Физиология ВНД и СС*. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://kineziolog.su/content/fiziologiya-vnd-i-ss>. Дата обращения: Май. 23, 2016.
- [50] В.М. Покровский, и Г.Ф. Коротько, *Физиология человека*. Москва, Россия: Медицина, 2004.
- [51] Е.Б. Бабский, “Слуховой анализатор”, в *Физиология человека*, Г.И. Косицкова, Ред. Москва, Россия: Медицина, 1985, с. 458-479.
- [52] Ю.В. Тюменцев, *Лекции по нейроинформатике*. Москва, Россия: МИФИ, 2006.
- [53] А. Гордеев, та І. Нагаюк, “Особливості оцінювання психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності”, на *XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2015: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2015, с. 33.
- [54] А. Гордеев, та В. Кузовик, “Особливості оцінювання психофізіологічного стану учасників полярних експедицій”, на *VI Міжнар. Антарктичний конф. Інтернаціоналізація досліджень в Антарктиці - шлях до духовної єдності людства*, Київ, 2013, с. 404-405.
- [55] А. Гордеев, В. Кузовик, та Ю. Монько, “Концептуальна модель дослідження інформаційних потоків організму людини”, на *наук-техн. конф. студентів та молодих учених Наукоємні технології*, Київ, 2014, с. 53.

- [56] Р.М. Баевский, *Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии*. Москва, Россия: Медицина, 1979.
- [57] П.Ф. Прайор, *Мониторный контроль функций мозга*. Москва, Россия: Медицина, 1982.
- [58] I. Lacey, "Somatic responsee", in *Psychological Stress: Issues in Research*. Appleton-Century-Crofts, New York, 1967, pp. 14-37.
- [59] Ф.Б. Березин, М.П. Мирошников, и Р.В. Рожанец, *Методика многостороннего исследования личности*. Москва, Россия: Медицина, 1976.
- [60] П.К. Анохин, *Кибернетические аспекты в изучении работы мозга*. Москва, Россия: Наука, 1970.
- [61] Н.Н. Куссуль, "Обучении нейронных сетей с использованием метода нечетких эллипсоидальных оценок", *Проблемы управления и информатики*. №1, с. 72-78, 2001.
- [62] О.В. Булигіна, та В.Г. Гамов, "Концептуальна модель оцінювання психофізіологічного стану операторів екстремальних видів діяльності", *Вісник центрального наукового центру транспортної академії України «Автошляховик України»*, №13. с. 165-168, 2010.
- [63] Ларри Хьелл, и Дэниел Зиглер, *Теории личности: основные положения, исследования и принципы*. Москва, Россия: Питер, 2008.
- [64] В.И. Гусельников, *Электрофизиология головного мозга (курс лекций)*. Москва, Россия: Высшая школа, 1976.
- [65] М.Ф. Бондаренко, С.Г. Золкин, и Е.Н. Малокуцко, "Анализ взаимосвязей биоритмов головного мозга", *Искусственный интеллект*, №1, с. 3-10, 2006.
- [66] А. Гордеев, В. Кузовик, та К. Тишковець, "Кореляційний зв'язок психофізичних показників з біопотенціалами кори головного мозку операторів", на *наук.-техн. конф. студентів та молодих учених Наукоємні технології*, Київ, 2014, с. 54.

- [67] А. Гордєєв, та Ю. Монько, “Визначення інформативних параметрів перехідних процесів електроенцефалограми”, на *XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2015: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2015, с. 35.
- [68] А. Гордєєв, та Ю. Монько, “Визначення інформативних параметрів перехідних процесів електроенцефалограми”, на *VII Міжнар. Антарктичний конференції: Антарктичні дослідження: нові горизонти та пріоритети*, Київ, 2015, с. 185–187.
- [69] А. Гордєєв, “Інформаційна технологія процесу професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності”, *Інженерія програмного забезпечення*, №3(23), с. 64-74, 2015.
- [70] А. Гордєєв, та В. Рудник, “Аналіз психофізіологічного стану антарктичних зимівників на основі обробки електроенцефалограми”, на *XVI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2016: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2016, с. 195.
- [71] В.В. Гнездицкий, *Вызванные потенциалы мозга в клинической практике*. Таганрог, Россия: ТРТУ, 1997.
- [72] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Аспекты методики психического отбора операторов экстремальных видов деятельности”, на *XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2014: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2014, с. 36.
- [73] Г. Айзенк. “Личностный опросник ЕРІ”, в *Альманах психологических тестов. Психология личности*. Москва: КСП, 1995, с. 217-224.
- [74] И.Г. Григорович, “Повышение эффективности спортивной деятельности баскетболисток с учетом их индивидуально-психологических особенностей”, дис. канд. пед. наук., Омск, Россия, 1988.
- [75] Г.В. Залевский, *Психическая ригидность в норме и патологии*. Томск, Россия: Изд-во Том. ун-та, 1993.

- [76] А.Я. Каплан, и СЛ. Шишкин, “Кардиосинхронные феномены работы мозга: психофизиологические аспекты”, *Биологические науки*, № 10, с. 5-24, 1992.
- [77] Л.Р. Зенков, *Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии)*. Москва, Россия: МЕДпрессинформ, 2011.
- [78] Джон В. Кларк мл., Майкл Р. Ньюман, Валтер Х. Олсон и др., *Медицинские приборы: Разработка и применение*. Киев, Украина: Медторг, 2004.
- [79] А. Гордеев, та К. Тишковець, “Огляд сучасних датчиків реєстрації біосигналів організму людини”, на *XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2015: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2015, с. 36.
- [80] Мінтранс України. (2000, Лист. 20). *Наказ № 641, Про затвердження Правил медичної сертифікації авіаційного персоналу цивільної авіації України*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0948-00>. Дата звернення: Листоп. 1, 2017.
- [81] М.Ф. Лившиц, и В.И. Сидельникова, *Медицинские лабораторные анализы*. Москва, Россия: Триада-Х, 2000.
- [82] Л.А. Данилова, *Анализы крови и мочи*. Санкт-Петербург, Россия: Салит-Медкнига, 2003.
- [83] А. Гордеев, та С. Сиваш, “Аналіз факторів впливу на якість вимірювання біосигналів людини”, на *XVI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2016: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2016, с. 196.
- [84] С.Д. Бешелев, и Ф.Г. Гурвич, *Математико-статистические методы экспертных оценок*. Москва, Россия: Статистика, 1974.
- [85] А.Г. Тутыгин, и В.Б. Коробов, *Преимущества и недостатки метода анализа иерархий, Сравнительный анализ методов пределения весовых коэффициентов «влияющих факторов»*. Москва, Россия: Медицина, 2013.
- [86] А.Б. Сергиенко, *Цифровая обработка сигналов*. Санкт-Петербург, Россия: Питер, 2002.

- [87] В.С. Русинов, В.Е. Майорчик, и О.М. Гриндель, *Клиническая электроэнцефалография*. Москва, Россия: Медицина, 1973.
- [88] Н.Я. Виленкин, М.А. Доброхотова, и А.Н. Сафонов, *Дифференциальные уравнения*. Москва, Россия: Просвещение, 1984.
- [89] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Апаратно-програмний комплекс для оцінювання психофізіологічного стану оператора”, *Технологічний аудит та резерви виробництва*, т. 1, №5, с. 44-46, 2014. doi: 10.15587/2312-8372.2014.21740.
- [90] А. Гордєєв, В. Кузовик, та О. Булигіна “Розробка автоматизованої системи прийняття рішень для професійного відбору операторів екстремальних видів діяльності”, *Інженерія програмного забезпечення*, №4(24), с. 33-43, 2015.
- [91] А. Гордєєв, “Система прийняття рішень щодо професійної придатності операторів екстремальних видів діяльності”, на *Всеукр. наук.-техн. конф. Актуальні проблеми автоматики та приладобудування*, Харків, 2015, с. 31-32.
- [92] А. Гордєєв, В. Кузовик, та О. Булигіна, авторське право на комп’ютерну програму “Розрахунок інформативних параметрів електроенцефалограми для оцінювання психофізіологічного стану операторів”, №52712, Груд. 20, 2013.
- [93] А. Гордєєв, та К. Дейнеко, “Метод смугової обробки електроенцефалограми для оцінювання психофізіологічного стану антарктичних зимівників”, на *VIII Міжнар. Антарктичній конф. присвячена 25-річчю приєднання України до договору про Антарктиду*, Київ, 2017, с. 214–215.
- [94] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Інформаційна технологія оцінювання та прогнозування психофізіологічного стану антарктичних зимівників”, на *VIII Міжнар. Антарктичній конф. присвячена 25-річчю приєднання України до договору про Антарктиду*, Київ, 2017, с. 223–224.
- [95] А. Гордєєв, та М. Барзій, “Метод корекції зміщення вертексу голови людини на основі платформи Arduino”, на *XVII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2017: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2017, с. 9.

- [96] Є.Т. Володарський, та Л.О. Кошева, *Статистична обробка даних*. Київ, Україна: НАУ, 2008.
- [97] Д.А. Иванников, и Е.Н. Фомичев, *Основы метрологии и организации метрологического контроля*. Нижний Новгород, Россия: Нижегородский гос. техн. ун-т, 2001.
- [98] Є.Т. Володарський, та О.В. Булигіна, “Статистичне оцінювання професійної придатності операторів екстремальних видів діяльності”, *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, № 3, с. 71-78, 2012.
- [99] В.Н. Азарсков, Л.Н. Блохин, Л.С. Энителикий, и Н.Н. Куссуль, *Рабасные методы оценивания, идентификации и адаптивного управления*. Киев, Украина: НАУ, 2004.
- [100] А.Е. Сархан, *Введение в теорию порядковых статистик*. Москва, Россия: Статистика, 1970.
- [101] Ю.В. Куц, Л.М. Щербак, та С.В. Шенгур, “Дослідження симетричності законів розподілу за малих обсягів вибірки даних спостереження”, *Моделювання та інформаційні технології*, № 61, с. 51-55, 2011.
- [102] Ю.В. Куц, та Л.М. Щербак, *Статистична фазометрія*. Тернопіль, Україна: Тернопільський держ. ун-т ім. І. Пулюя., 2009.
- [103] Дж. Тьюки, *Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ*. Москва, Россия: Мир, 1981.
- [104] Е.Т. Володарский, та Д.А. Паляничко, “Робастное оценивание точностных характеристик результатов наблюдений”, *Системы обработки информации*, № 8(98), с. 48-52, Харків, 2011.
- [105] I. Volodarskyi, L. Kosheva, and Z. Warsza, “Metoda odporna oceny docladnosci pomiarow”, *Pomjari, awtomatica, control*, vol. 58, pp.396-401, 2012.
- [106] И.М. Соболев, *Численные методы Монте-Карло*. Москва, Россия: Наука, 1973.



- [107] А. Гордєєв, В. Кузовик, та М. Назарчук, “Розробка алгоритму моделювання біологічних параметрів операторів екстремалів методом Монте-Карло”, *Технологічний аудит та резерви виробництва*, т. 4, №5/1(31), с. 17-21, 2016. doi: 10.15587/2312-8372.2016.79474.
- [108] А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, и Н.В Копченова, *Вычислительные методы для инженеров*. Москва, Россия.: Высш. шк., 1994.
- [109] С.А. Айвазян, И.С. Енюков, и Л.Д. Мешалкин, *Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных*. Москва, Россия.: Финансы и статистика, 1983.
- [110] Системні вимоги до середовища програмування «MatLab». Офіційна веб-сторінка компанії MathWorks. [Електронний ресурс]. Доступно: [http://www.mathworks.com/support/sysreq/previous\\_releases.html](http://www.mathworks.com/support/sysreq/previous_releases.html). Дата звернення: Листоп. 1, 2017
- [111] А. Гордєєв, В. Кузовик, та К. Тишковець, “Створення програмно-біоінформаційної бази даних для поглибленого оцінювання психофізіологічного стану людини”, на *VII Міжнар. Антарктичний конференції: Антарктичні дослідження: нові горизонти та пріоритети*. Київ, 2015, с. 196–198.
- [112] A. D. Gordieiev, and V. D. Kuzovyk, “The statistical approach for diagnosis and prediction operator’s psychophysiological states”, *7th world congress Aviation in the XXI-st Century: Safety in Aviation and Space Technologies*, Kyiv, 2016, pp. 1.6.10-1.6.14.
- [113] А. Гордєєв, В. Кузовик, К. Тишковець, авторське право на комп’ютерну програму “Комп’ютеризована інформаційна система психофізіологічного відбору операторів екстремальних видів діяльності”, №66533, Лип. 11, 2016.
- [114] A.D. Gordieiev, and V.D. Kuzovyk, “Hardware-software system for evaluation operator’s psychophysiological state”, in *6th World congress Aviation in the XXI-st Century: Safety in Aviation and Space Technologies*, Kyiv, 2014, pp. 1.7.26-1.7.29.

- [115] А. Гордєєв, В. Кузовик, та Ю. Монько, “Аспекти створення експертної системи оцінювання психофізіологічного стану операторів”, на *XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2014: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2014, с. 35.
- [116] А. Гордєєв, та Ю. Філіпова, “Аспекти створення комплексу контролю за реабілітацією психофізіологічного стану операторів”, на *II Всеукр. наук.-практ. конф. Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку*, Луцьк, 2016, с. 25-26.
- [117] Ю.Г. Кратин, и В.И. Гусельников, *Техника и методика электроэнцефалографии*. Ленинград,: Наука, 1971.
- [118] В.Д. Кузовик, “Некоторые методологические аспекты оценки эффективности медицинского вмешательства”, *Електроніка і системи управління*, №2(20), с. 18-37, 2009.
- [119] А. Гордєєв, та Т. Логошко, “Особенности оценивания физиологического стану здоров'я слухового апарату людини”, на *XV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів Політ-2015: Сучасні проблеми науки*, Київ, 2015, с. 34.
- [120] А. Гордєєв, та В. Кузовик, “Аспекты планирования и реализации экспериментальных исследований психофизиологического состояния операторов экстремальных видов деятельности”, на *23й Міжнар. конф. КримИКо2013 СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*, Севастополь, 2013, с. 1081–1082.
- [121] Офіційна веб-сторінка компанії MathWorks. Компіляція програмного продукту в середовищі програмування «MatLab». [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.mathworks.com/products/compiler/mcr/>. Дата звернення: Листоп. 1, 2017.
- [122] Офіційна веб-сторінка компанії Dinamika. Програмна система професійного відбору «Омега-М». [Електронний ресурс]. Доступно:

[http://omegam.dyn.ru/products/products\\_main/preamble/1/products\\_static/](http://omegam.dyn.ru/products/products_main/preamble/1/products_static/). Дата звернення: Листоп. 1, 2017.

[123] Офіційна веб-сторінка компанії Ledis Group. Система інтерактивної діагностики «Sindi». [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.sociometry.ru/ru/sindiru>. Дата звернення: Листоп. 1, 2017.