

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕДИЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ  
ІМЕНІ П. Л. ШУПИКА

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**СТРАХОВА ОКСАНА ПЕТРІВНА**

УДК 612.778:612.014.42]-057.87:004

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО**  
**СТАНУ ЛЮДИНИ, ЩО ПЕРЕБУВАЄ У ЕРГАТИЧНІЙ СИСТЕМІ**  
**«ОСОБА – КОМП'ЮТЕР»**

14.03.11 – Біологічна та медична інформатика і кібернетика

09 – Біологія

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук.

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

  
\_\_\_\_\_ О. П. Страхова

**Науковий керівник:** Рижов Олексій Анатолійович, доктор фармацевтичних наук, професор

## АНОТАЦІЯ

*Страхова О.П.* Система автоматизованого контролю функціонального стану людини, що перебуває у ергатичній системі «особа – комп'ютер». — Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 14.03.11 — Біологічна та медична інформатика і кібернетика (09 — Біологія). — Запорізький державний медичний університет, МОЗ України, Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика, МОЗ України, Запоріжжя, Київ, 2018.

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується швидким поширенням різноманітних інформаційних технологій (ІТ) у навчальні та виробничі процеси. Зростає напруженість праці на фоні зниження фізичної активності людей.

Дисертаційне дослідження присвячено обґрунтуванню особливостей впливу ергатичного середовища на зміни функціонального стану для запобігання погіршення здоров'я суб'єктів навчання.

У процесі дослідження проведено перевірку наявності кореляційних зв'язків між параметрами функціонального стану людини (ФСт), що визначаються варіабельністю серцевого ритму та реовазографією, а також електричними параметрами шкіри мікрозон на тілі людини. Вперше було відкрито явище стійкості електропровідності в контрольних точках на тілі людини, отримано авторське свідоцтво від 18.08.2014 № 56102. Явище полягає у сталості розрахованих середніх значень параметрів електрошкірних характеристик (ЕШХ) контрольних мікрозон, обчислених відповідно до запропонованого способу виміру, окремо для накопичуваного масиву вимірів кожної мікрозони, за статистичним правилом опрацювання однорідних даних.

Основними науковими результатами дослідження є наступні. Вперше запропоновано модель автоматизованої системи управління ФСт в ергатичному комп'ютерному середовищі на основі контролю ЕШХ у мікрозонах.

Вперше виявлено й описано явище середньої стабільності середніх значень параметрів ЕШХ у контрольних точках на тілі людини.

Розроблено інтегральний критерій зміни функціонального стану осіб у ергатичних системах, на основі параметрів ЕШХ контрольних мікрозон. На його основі створено новий метод визначення ФСт.

Вперше виявлено кореляційний зв'язок між рівнем результатів, отриманих студентами за підсумкове тестування на базі автоматизованої тестуючої системи, та відносною зміною параметрів ФСт, визначеною стандартним поширеним методом реєстрації параметрів варіабельності серцевого ритму на базі запропонованого автором методу контролю ЕШХ мікрозон (МЗ).

На базі методів варіабельності серцевого ритму (ВСР) та реовазографії (РВГ) досліджено ФСт у системі «людина – комп'ютер». Статистично доведено взаємозв'язок між параметрами ФСт, вимірних методами ВСР, РВГ та змінами параметрів ЕШХ, на основі кореляційного аналізу.

Аналіз показників ВСР свідчить, що під час роботи в ергатичній навчальній системі в осіб відбулися активізації як симпатичного, так і парасимпатичного відділів ВНС. У контрольній групі зміни показників ВСР показували підвищення активності парасимпатичного відділу ВНС. За даними РВГ, у досліджуваній групі виявлено асиметрію кровонаповнення дрібних судин, що дорівнює 40 %, та зростання тонуусу середніх і дрібних артеріол – до 17 % від початкового рівня, що свідчить про утруднення венозного відтоку в судинах верхніх кінцівок.

Окремо перевірено вплив початкового стану тривожності особи, яка працює в системі «людина – комп'ютер», на зміни параметрів ФСт при роботі. Виявлено кореляційний зв'язок між параметрами стану осіб, отриманими методами ВСР, РВГ і ЕШХ МЗ із урахуванням впливу попереднього стану тривожності за допомогою методів математичної статистики.

Розроблено алгоритм визначення зміни ФСт в ергатичних системах на основі узагальненого критерію припустимого розкиду параметрів ЕШХ контрольованих мікрозон. Проведено кластерний аналіз параметрів

функціонального стану осіб за двома моделями: показників ВСР та параметрів ЕШХ МЗ. Доведено, що контроль ЕШХ МЗ є так само інформативним, як контроль ВСР.

Розроблено модель та програмне забезпечення системи автоматизованого контролю ФСт при роботі в ергатичній навчальній системі на основі моніторингу параметрів ЕШХ контрольних мікрозон та запропонованого методу оброблення результатів ЕШХ на базі явища сталості середніх значень ЕШХ МЗ.

Створено блок-схему та систему дистанційного контролю стану особи, яка працює в комп'ютерному середовищі, з метою своєчасного виправлення негативного впливу на стан здоров'я особи, яка навчається, за допомогою технологій Bluetooth і Wi-Fi. Результати дослідження можуть стати основою для вдосконалення методів моніторингу ФСт в ергатичних системах, через побудову приладів дистанційного контролю функціонального стану осіб.

**Ключові слова:** ергатична навчальна система, функціональний стан, електрошкірні характеристики, варіабельність серцевого ритму, реовазографія, ситуативна та особистісна тривожність, система контролю, Bluetooth, Wi-Fi.

## ANNOTATION

*Strakhova O.P.* The automated control system of a person's functional state in ergatic system «person – computer». — Qualification paper published as manuscript.

The Dissertation for the Degree of the Candidate of biological sciences (PhD) in specialty 14.013.11 — Biological and Medical Informatics and Cybernetics (09 — Biology). — Zaporizhzhia State Medical University, Ministry of Health Care of Ukraine, Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Health Care of Ukraine, Zaporizhzhia, Kyiv, 2018.

The modern stage of development of society is characterized by the rapid spread of various IT in educational and production processes. The tension of labor is increasing against the backdrop of a decrease in physical activity of people.

The dissertation research is devoted to the substantiation of the peculiarities of

the influence of the ergatic environment on changes in the functional state to prevent the deterioration of the health of subjects of education.

In the research process, verifying the existence of correlations between a person's functional state parameters determined by the heart rate variability and rheovasography, and the skin electrical parameters of the microzones on the person's body, was carried out. The phenomenon of the electro conductivity stability at the control points on the human body was first opened and described and Copyright certificate No. 56102, August 18, 2014 was received. The phenomenon consists in the stability of the calculated averages of skin electrical parameters in the control microzones. Averages calculations were provided in accordance with the method proposed by the author, separately for the accumulated array of measurements of each microzone, by the rule of processing homogeneous data, which makes it possible to determine the permissible limits of changes in the parameters of the electroskin parameters of each control microzone separately.

The main scientific results of the study are the next. For the first time a model of the automated control system for the person's functional state in an ergatic computer environment based on the electroskin parameters control in the microzones, is proposed.

The phenomenon of the average electro conductivity stability at the control points on the human body was discovered and described for the first time. An integral criterion for changing the functional state of individuals in ergatic systems was developed, based on the parameters of the skin electrical parameters of the control microzone. It is based on a new method of determining the functional state of person.

Correlation between the level of results obtained by students for the final testing on the basis of the automated testing system, and the relative changed parameters was founded. The functional state of individuals was defined by: the standard common method of recording the parameters of heart rate variability; proposed method of the electroskin characteristics control (ESC).

On the basis of the methods of heart rate variability (HRV) and reovazography (RVG), the functional state of person in the system of «person – computer» was

investigated. The interconnection between the parameters of functional state of person, measured by the methods of HRV, RVG and changes in ESC parameters, is statistically proved on the basis of correlation analysis.

The analysis of the indicators of HRV shows that during the work in the ergatist educational system, the activists of both the sympathetic, and the parasympathetic departments of the VNS have become active. In the control group, changes in the HRV indices showed an increase in the activity of the parasympathetic VNS. According to the data of RVG, in the study group the asymmetry of blood vessels filling small vessels, equal to 40 %, and the increase in the tone of medium and small arterioles - up to 17 % of the baseline level were revealed, indicating the complication of venous outflow in the vessels of the upper limbs.

The possible influence of the initial state of anxiety of the person working in the «person – computer» system on the changes in the parameters of the functional state during his work, determined by the methods of heart rate variability, rheovasography and ESC is checked. The correlation between the parameters of the status of the persons obtained by the methods of heart rate variability and rheovasography, and skin electrical parameters, is determined.

An algorithmic model of the application of the integral criterion for the rapid assessment of the change in the functional state of the persons working in the ergatic training system, based on the parameters of ESC, was developed.

A general model of the ergatic training system with the automated system for monitoring the change in the functional state of a person when working in the ergatic training system using the integral criterion of ESC is developed. The efficiency of the work of the ergatic training system supplemented by the control system of the person's traits was investigated.

A block diagram and the system of the remote control of the state of a person working in a computer environment has been created with the goal of timely correcting the negative impact on the student's health status using Bluetooth and Wi-Fi technologies. A new method of processing human's functional state characteristics and building the conclusions regarding changes in it is proposed. It is proved that this new

method has a high correlation with the parameters of the functional state of a person, obtained by well-known and widely used control methods, but simpler in execution.

**Key words:** ergatic educational system, functional status, electroskin characteristics, heart rate variability, rheovasography, situational and personal anxiety, control system, Bluetooth, Wi-Fi.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:*

1. Страхова О. П. Особенности методов исследования электрокожных характеристик. *Медицина и экология*. 2014. № 2. С. 14–19.

2. Strakhova O., Ryzhov A. About the stability of the changes in the points-sources. *Медицина и экология*. 2014. № 4. С. 12–17. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, переклад англійською, підготовку статті до друку).

3. Страхова О. П., Рыжов А. А. Статистический анализ показателей функционального состояния человека в эргатической системе «человек–компьютер». *Клиническая информатика и телемедицина*. 2014. Т. 10. Вып. 11. С. 61–65. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку).

4. Страхова О. П., Рыжов А. А. Метод оценки функционального состояния человека на основе явления стабильности средней величины проводимости в микрizonaх. *Медицина информатика та інженерія*. 2014. № 3. С. 62–68. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку).

5. Страхова О. П. Ситуативная и личностная тревожность студента в эргатической компьютерной обучающей системе. *Медицина информатика та інженерія*. 2015. № 1. С. 33–38.

6. Strakhova O., Ryzhov A. The phenomenon of stability of the average value of electrocutaneous conductivity in «points-sources of the meridians». *Scientific discussion*. 2017. Vol. 1. № 9. P. 3–9. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку англійською).

7. Страхова О. П., Рижов О. А., Волох Н. Г., Черепок О. О. Кореляції між електрошкірними характеристиками мікрозон і параметрами клінічного і біохімічного аналізу крові. *Клінічна інформатика і телемедицина* 2017. Т. 12. Вип. 13. С. 119–123. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку).

*Опубліковані праці апробаційного характеру:*

8. Страхова О. П., Рыжов А. А. Корреляционный анализ показателей функционального состояния участников эргатической обучающей системы *Запорожский медицинский журнал*. 2012. № 6. С. 128. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

9. Страхова О. П., Рыжов А. А. Взаимосвязь между показателями реовазографии и электрокожных характеристик микрозон на коже человека. *Інформаційні технології в неврології, психіатрії, епілептології і медичній статистиці*: матеріали міжнар. конф. Київ, 2013. С. 112. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

10. Страхова О. П., Рыжов А. А. Влияние работы в эргатической системе «человек – компьютер» на показатели реовазографии и электрокожных характеристик микрозон на коже человека. *Клиническая информатика и телемедицина*. 2014. Т. 10. Вып. 11. С. 181–182. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).



11. Страхова О. П., Рыжов А. А. Оценка изменений функционального состояния человека в эргатической системе «человек-компьютер». *Current Issues of Distance Education and Telemedicine: International ukrainian scientific-methodical videoconference*. Запорожье, 2013. С. 17–18. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

12. Страхова О. П. Интегральный критерий оценки изменения функционального состояния человека. *Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2014: матеріали Всеукр. наук.-практ. відеоконф. (16–17 жовт. 2014, Запоріжжя)*. Запоріжжя, 2014. С. 129–130.

13. Страхова О. П. Информативность метода визуализации данных при определении функционального состояния человека. *Медична інформатика та інженерія*. 2016. № 1. С. 110.

14. Страхова О. П., Рыжов А. А., Захарчук И. С. Информативность метода определения функционального состояния человека в эргатической компьютерной системе. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. – 2013. Дод. до № 3. С. 75–76. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

15. Strakhova O. Quantitative parameters of the student's functional status and its changes: electrocutaneous characteristics in microzones. *High Education – New Technologies and Innovation (HENTI)*, Kutaisi, Georgia, 2015. С. 35–36.

16. Страхова О. П., Рыжов О. А. Система контролю функціонального стану людини в комп'ютерному середовищі. *Relevant issues of modern medicine: the experience of Poland and Ukraine*. Lublin, Republic of Poland October 20–21, 2017. P. 150–152. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

*Опубліковані праці, що додатково відображають наукові результати дослідження:*

17. Страхова О. П., Рыжов О. А. Оцінка психофізіологічного стану студента методом визначення електрошкірних характеристик біологічно активних точок. *Медична інформатика та інженерія*. 2010. № 1. С. 33–38. (Здобувачем

проведено аналіз джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку).

18. Strakhova O., Ryzhov A. Change evaluations in the human functional state in learning ergatic system. *International Scientific congress of Olympic sport and sport for all*. Beijing, China June 2-6, 2013. P.80–82. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистична обробка, написання тез).

19. Страхова О. П., Рыжов А. А. Явление стабильности средней величины электрокожной проводимости по постоянному току в акупунктурных «точках-источниках меридианов» на теле человека. А. с. № 56102 Украина, ГСАП; заявл. 19.06.2014 № 56504; опубл. 18.08.2014. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, опис змісту).

20. Страхова О. П., Рижов О. А. *Доповнення до способу виміру електрошкірних характеристик корпоральних мікрозон на тілі людини (аналог метода Й. Накатані)*. Інформаційний лист № 238 від 28.10.2015. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, опис змісту).

21. Страхова О. П., Рижов О. А. *Доповнення до способу діагностування за даними вимірювання електрошкірних характеристик корпоральних мікрозон на тілі людини за методом Накатані*. Інформаційний лист № 237 від 28.10.2015. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, опис змісту).

22. Страхова О. П. Вплив ергатичного середовища дистанційної освіти на функціональний стан студента. *Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2015*: матеріали II з'їзду з міжнар. участю «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» (12–13 лист. 2015, Київ). К., 2015. С. 169–170.

23. Страхова О. П., Рижов О. А. Інтернет як елемент оточуючого середовища сучасного студента. *Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2016*: матеріали Всеукр. наук.-метод. відеоконф. з міжнар. участю (13 жовт. 2016, Запоріжжя). Запоріжжя, 2016. С. 156–157. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, написання тез).

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	15
ВСТУП	16
РОЗДІЛ 1. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕРГАТИЧНОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ	23
1.1. Еволюційний шлях розвитку питання контролю стану людей, які працюють з комп'ютером	25
1.2. Стан здоров'я осіб молодого віку	28
1.3. Ергатична система, ергатична навчальна система, ергатичне навчальне середовище	30
1.3.1. Властивості ергатичних навчальних систем	31
1.4. Визначення складових частин ергатичної навчальної системи	34
1.5. Складові моделі ергатичної комп'ютерної навчальної системи	36
1.5.1. Ергатичне навчальне середовище медичних закладів вищої освіти	38
1.6. Пошук інтегрального критерію оцінювання функціонального стану	41
1.6.1. Поширені методи визначення параметрів стану осіб — операторів комп'ютерних систем	41
1.6.2. Застосування електрошкірних показників для визначення стану осіб професій, що вимагають експрес-методів	45
Висновки до розділу	47
РОЗДІЛ 2. ДИЗАЙН ДОСЛІДЖЕННЯ	48
2.1. Загальна характеристика предмету, об'єкта та методів дослідження	48
2.1.1. Загальна характеристика умов проведення дослідження	51
2.1.2. Обґрунтування вибору та характеристика методів дослідження функціонального стану людини	53
2.2. Опис обраних методів контролю функціонального стану людини та перелік контрольованих показників функціонального стану	56
2.2.1. Реєстрація варіабельності серцевого ритму	56

	12
2.2.2. Реєстрація реовазограми	59
2.2.3. Реєстрація параметрів електрошкірних характеристик мікрозон	61
2.2.3.1 Новизна запропонованих методів виміру та статистичного оброблення електрошкірних характеристик мікрозон	67
2.2.4 Тест ситуативної та особистісної тривожності Спілбергера-Ханіна	69
2.3. Етапи дослідження та аналізу результатів	70
2.3.1. Хід та умови проведення першого етапу дослідження	70
2.3.2. Хід та умови проведення другого етапу дослідження	71
2.3.3. Пропозиції з удосконалення методики знімання інформативних показників електрошкірних характеристик	72
2.3.4. Аналіз результатів за допомогою методів математичної статистики	74
Висновки до розділу	78
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ В УМОВАХ РОБОТИ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ЕРГАТИЧНІЙ СИСТЕМІ	79
3.1. Моделювання ергатичної навчальної системи «людина – комп'ютер»	79
3.2. Визначення функціонального стану людини та функціональних систем організму	82
3.3. Методи оцінювання функціонального стану людини відповідно до теорії функціональних систем	88
3.4. Моделювання системи автоматизованого контролю функціонального стану особи в ергатичній комп'ютерній системі із застосуванням показників електрошкірних характеристик мікрозон	93
3.4.1 Правила встановлення припустимого розкиду параметрів електрошкірних характеристик мікрозон	101
Висновки до розділу	105
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	106
4.1. Перший етап дослідження	110

	13
4.1.1. Визначення варіабельності серцевого ритму в осіб у позаергатичному навчальному середовищі	110
4.1.2. Визначення електрошкірних характеристик мікрозон у осіб у позаергатичному навчальному середовищі	112
4.2. Другий етап вимірів. Визначення функціонального стану осіб за допомогою варіабельності серцевого ритму, реовазографії, електрошкірних характеристик мікрозон та теста Спілбергера-Ханіна в ергатичному навчальному середовищі	119
4.2.1. Визначення параметрів функціонального стану осіб за допомогою варіабельності серцевого ритму	119
4.2.2. Оцінювання функціонального стану серцево-судинної системи за допомогою методу реовазографії судин верхніх кінцівок	124
4.2.3. Оцінювання функціонального стану осіб за допомогою електрошкірних характеристик мікрозон у осіб в ергатичному навчальному класі	127
4.2.4. Оцінювання ситуативної та особистісної тривожності за допомогою тесту Спілбергера-Ханіна	129
4.3. Статистичний аналіз показників параметрів функціонального стану особи в комп'ютерній ергатичній системі	130
4.3.1. Визначення кореляційних взаємозв'язків між електрошкірними характеристиками, параметрами реовазографії та варіабельності серцевого ритму учасників дослідження	130
4.3.2. Визначення кореляційних взаємозв'язків між електрошкірними характеристиками та рівнями особистісної і ситуативної тривожності осіб в ЕНС	134
4.3.3. Кластерний аналіз параметрів функціонального стану осіб на основі ВСР, ЕШХ МЗ з урахуванням оцінювання підсумкового тестування	137

	14
4.4. Кластеризація контрольованих параметрів функціонального стану осіб у комп'ютерній ергатичній системі за методом «к найближчих середніх»	141
Висновки до розділу	146
РОЗДІЛ 5. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОСІБ У ЕРГАТИЧНІЙ НАВЧАЛЬНІЙ СИСТЕМІ	148
5.1. Концептуальна модель системи контролю функціонального стану осіб	149
5.2. Опис комплексу системи контролю функціонального стану осіб у ЕНС	156
5.2.1. Технічні засоби системи автоматизованого контролю функціонального стану осіб у ЕНС	157
5.2.2. Програмні рішення для формування інформаційного потоку в автоматизованій системі контролю стану особи в ЕНС	158
5.3. Алгоритм роботи системи автоматизованого контролю функціонального стану особи з індивідуальним налаштуванням параметрів на прикладі моделі АСК на основі ЕШХ МЗ	160
5.3.1. Застосування алгоритму збору, оброблення даних ЕШХ МЗ на прикладі індивідуальної бази даних системи контролю функціонального стану особи в ергатичній навчальній системі	163
Висновки до розділу	165
ВИСНОВКИ	167
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	169
ДОДАТКИ	191

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АСК – автоматизована система контролю функціонального стану осіб
- АЦП – аналого-цифровий перетворювач
- БД – база даних
- ВСР – варіабельність серцевого ритму
- ЕМГ – електроміографія
- ЕНГ – електронеурографія
- ЕНС – ергатична навчальна система
- ЕС – ергатична система
- ЕШХ – електрошкірні характеристики
- ІК – інтегральний критерій
- МЗ – мікрозони
- ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій
- РВГ – реовазографія (верхніх кінцівок)
- ССС – серцево-судинна система
- СУБД – система управління базою даних
- ФС – функціональна система (функціональні системи)
- ФСт – функціональний стан людини

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Для сучасного етапу розвитку суспільства характерне поширення різноманітних інформаційних технологій (ІТ) у навчальній і виробничій сферах. Відповідно до тенденцій реформування системи вищої медичної освіти, що передбачає широке впровадження інформаційно-комунікаційних (ІКТ) у навчальний процес, система «особа – комп'ютер» забезпечує процеси навчання, праці та відпочинку студентів (О. П. Мінцер, 2015). За матеріалами вітчизняних і закордонних наукових досліджень 2012-2017 рр., школярі, використовують комп'ютерну техніку від 1 до 5 годин на добу; студенти – до 14 годин. Цей час буде заплановано зростати внаслідок упровадження в навчальний процес електронних підручників, зрештою збільшуватиметься навантаження на організм людей, спричинене технічними засобами. Школярі та студенти – це особи, які перебувають у періоді формування організму, розвитку розумової діяльності, для них існує підвищений ризик порушення здоров'я, тому необхідним є моніторинг їх стану (Т. С. Борисова, 2014).

Тривала робота людини за комп'ютером впливає на стан організму: нервову, ендокринну, імунну, репродуктивну системи, зір і кістково-м'язовий апарат. Існує низка захворювань, пов'язаних із професійною діяльністю, в якій використовують комп'ютер: комп'ютерний зоровий синдром; карпальний тунельний синдром; хребетний синдром; дихальний, легеневий (грудний) синдром; застійний венозний, або судинний, синдром (О. Алонцева, 2014).

Стабільне функціонування системи «особа – комп'ютер» рівною мірою потребує як надійності технічних і програмних засобів, так і працездатності людей (А. Парнюк, 2015). Отже, визначення вхідного та вихідного функціонального стану організму особи в такій системі надасть змогу управляти її життєдіяльністю (С. Рідковець, 2015), що сприятливо позначиться на рівні освіти студента й допоможе не погіршити його здоров'я за період навчання. Розроблення системи моніторингу інтегральних критеріїв функціонального



стану людини, яка взаємодіє з інтерфейсом комп'ютера, надасть змогу пропонувати оптимальні навчальні навантаження для кожного школяра та студента без шкоди для їх здоров'я.

Викладене обумовило доцільність дослідження, визначило його актуальність, мету та структуру дисертаційної роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри медичної та фармацевтичної інформатики і новітніх технологій Запорізького державного медичного університету (ЗДМУ): «Методологічне та організаційне забезпечення дистанційного навчання в системі фармацевтичної освіти на основі інформаційних технологій» (номер державної реєстрації 0106U008120) та «Методологічне, педагогічне та технологічне забезпечення професійного навчання в медичному ВНЗ на основі інтелектуальних комп'ютерних систем» (номер державної реєстрації 0114U001960).

**Мета та завдання дослідження.** Мета дисертаційної роботи — обґрунтувати особливості впливу ергатичного середовища на зміни функціонального стану для запобігання погіршення здоров'я суб'єктів навчання.

Для досягнення поставленої в дисертаційній роботі мети передбачалось вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз і узагальнення літературних джерел щодо дослідження донозологічних змін стану здоров'я осіб, які працюють у режимі оператора комп'ютерної техніки, та сучасних методів контролю функціонального стану в реальному режимі часу.

2. Встановити зміни функціонального стану особи, яка працює в ергатичній навчальній системі «особа – комп'ютер», за допомогою методів дослідження стану серцево-судинної системи варіабельності серцевого ритму й реовазографії верхніх кінцівок.

3. Визначити зміни електрошкірних характеристик ряду мікрозон (ЕШХ МЗ) на тілі особи, що відображають зміни функціонального стану, людини, яка працює в ергатичній навчальній системі «особа – комп'ютер».

4. Розробити алгоритм розрахунку узагальненого критерію зміни функціонального стану осіб в ергатичних системах на основі параметрів електрошкірних характеристик контрольних мікрозон. Обґрунтувати використання ЕШХ МЗ як критерію зміни функціонального стану людини.

5. Розробити систему автоматизованого контролю функціонального стану осіб у ергатичній навчальній системі на основі параметрів електрошкірних характеристик контрольних мікрозон.

*Об'єкт дослідження* — ергатична навчальна система «особа – комп'ютер», інформаційні потоки.

*Предмет дослідження* — фізіологічні, психофізіологічні показники, що відображають зміни функціонального стану людини, яка працює в ергатичній системі «особа – комп'ютер», програмні засоби для розроблення системи автоматизованого контролю.

**Методи дослідження.** Для узагальнення результатів дослідження та створення висновків, використані методи й положення електродинаміки; теорії інформаційних систем, з огляду на оптимізацію процесів функціонування систем; кібернетики, як науки управління складними системами різної природи походження на основі знань, що сформовані на зворотних зв'язках. Також застосовано фізіологічні методи: варіабельності серцевого ритму; реовазографії верхніх кінцівок, вимірювання електрошкірних характеристик мікрозон на тілі людини; психологічні — тест з оцінювання ситуативної та особистісної тривожності людини Спілбергера-Ханіна.

Статистичну обробку одержаних результатів дослідження проведено з використанням пакету прикладних програм (ППП) Statistica 6.0 (ліцензійний номер AXXR712D833214FAN5), MS Excel 2013.

Дослідження виконували протягом 2011-2015 рр. на базі ЗДМУ.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що дисертантом вперше:

– науково обґрунтовано та експериментально доведено можливість використання електрошкірних характеристик ряду мікрозон людини як

стабільних параметрів оцінювання функціонального стану людини в ергатичній навчальній системі «особа – комп'ютер»;

– відкрито та описано явище стабільності середньої величини електрошкірної провідності в контрольних точках на тілі людини, що полягає в сталості розрахованих середніх значень параметрів електрошкірних характеристик контрольних мікрозон, виявлених способом вимірювання та обчислених за алгоритмом, розробленим автором (свідоцтво про авторське право на твір № 56102 від 18.08.2014);

– розроблено та науково обґрунтовано узагальнений критерій для моніторингу функціонального стану осіб, які перебувають в ергатичній навчальній системі «особа – комп'ютер», за допомогою параметрів електрошкірних характеристик контрольних мікрозон;

– розроблено систему автоматизованого контролю функціонального стану людини, яка працює в ергатичному комп'ютерному середовищі, на основі параметрів електрошкірних характеристик контрольних мікрозон людини;

– експериментально доведено наявність зв'язку між результатом інтелектуальної діяльності (підсумкове тестування) в ергатичній навчальній системі «особа – комп'ютер» та функціональним станом студента.

Удосконалено способи виміру та статистичної обробки параметрів функціонального стану осіб на базі електрошкірних характеристик.

Набули подальшого розвитку погляди на моделі навчальних комп'ютерних інформаційних систем, як ергатичних, в яких особа та її функціональний стан є важливими елементами системи, параметри яких мають вплив на досягнення мети діяльності системи.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблена на основі параметрів електрошкірних характеристик контрольних мікрозон система автоматизованого контролю функціонального стану людини в реальному часі надає змогу створити промислові мобільні бездротові пристрої. Останні сприятимуть забезпеченню профілактики захворювань, пов'язаних із використанням комп'ютерних систем навчання, у школярів і студентів та

підвищення ефективності навчання завдяки складанню персональних графіків для комп'ютерного навчання.

Запропонована нова технологія збору та обробки даних про функціональний стан людини дозволяє створити системи моніторингу функціонального стану оператора, який управляє будь-якими комп'ютерними системами – наприклад, керування транспортними засобами, автоматизованими системами управління складних технологічних виробництв тощо, — з метою запобігання помилкам, що можуть виникнути через зниження його функціональних характеристик.

Корисними в практичній охороні здоров'я стали доповнення до способу виміру та діагностування за даними вимірювання електрошкірних характеристик корпоральних мікрозон на тілі людини (аналог методу Й. Накатані), що описано у відповідних інформаційних листах від 28.10.2015 №№ 238, 239.

Результати досліджень упроваджено в педагогічний процес: кафедри медичної інформатики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького; кафедри медичної біології, паразитології та генетики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького; кафедри медичної біології ДВНЗ «Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»; кафедри медичної і фармацевтичної інформатики та новітніх технологій ЗДМУ.

Розробки та впровадження підтверджено відповідними актами.

**Особистий внесок здобувача.** Всі положення, що виносяться на захист, отримано автором особисто. Дисертантом визначено актуальність дослідження, виконано пошук і проведено аналіз літературних джерел, сформульовано мету та завдання дослідження, проведено збір матеріалу й обрано методи дослідження, розроблено план та організовано дослідження, збір і накопичення його результатів – анкетувань, тестувань, проведених вимірів параметрів функціонального стану осіб у вигляді електронних таблиць, придатних для подальшої статистичної обробки.

Автором проведено статистичну обробку й аналіз отриманих результатів, їх узагальнення, обґрунтування наукових висновків; сформульовано рекомендації для практичного впровадження, а також написано всі розділи та висновки дисертаційної роботи.

У наукових працях, опублікованих за темою дисертації у співавторстві, роль автора визначальна та полягає в зборі матеріалу, формуванні бази даних, аналізі отриманих результатів, їх інтерпретації, підготовці публікацій до друку.

Здобувачем не використовувалися ідеї та розробки співавторів публікацій.

**Апробація результатів дисертації.** Основні теоретичні положення та практичні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на конференціях і форумах: міжнародна конференція «Совершенствование медицинского образования через инновации» (Караганда, 2013); Всеукраїнська конференція з міжнародною участю «Актуальные вопросы медицины и фармации» (Запоріжжя, 2010); Всеукраїнська конференція з міжнародною участю «Информационные технологии в научных исследованиях и учебном процессе» (Луганськ, 2010); I Всеукраїнський з'їзд «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» з міжнародною участю (Київ, 2010); науково-практична конференція з міжнародною участю «Інформаційні технології в неврології, психіатрії, епілептології і медичній статистиці» (Київ, 2013); «International Scientific congress of Olympic sport and sport for all» (Beijing, 2013); Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні аспекти медицини і фармації» (Запоріжжя, 2010, 2011, 2015); Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених та студентів з міжнародною участю «Медицина та фармація XXI століття – крок у майбутнє» (Запоріжжя, 2012); Міжнародна конференція «Информатизация здравоохранения в Украине: перспективы развития» (Київ, 2012); Всеукраїнська науково-методична відеоконференція з міжнародною участю «Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини» (Запоріжжя, 2008, 2009, 2012, 2013, 2014); International Ukrainian scientific-methodical videoconference «Current Issues of Distance Educationan Telemedicine» (Запоріжжя, 2013); науково-практична конференція

з міжнародною участю «Інформаційні технології в неврології, психіатрії, епілептології і медичній статистиці» (Київ, 2013); Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених та студентів з міжнародною участю «Здобутки теоретичної медицини – в практику охорони здоров'я» (Запоріжжя, 2015); International Georgian scientific-methodical videoconference «High Education – New Technologies and Innovation» (HENTI) (Kutaisi, 2015); 7th European Immersive education 2016 annual international summit, (Padue, 2016); International research and practice conference «Relevant Issures of Modern Medicine. The Experience of Poland and Ukraine» (Lublin, 2017).

**Публікації.** За темою дисертаційної роботи опубліковано 23 наукові праці, серед яких: 4 статті у наукових фахових виданнях України; 3 статті у закордонних виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах (із них дві — англійською); 13 тез доповідей у матеріалах наукових конференцій та з'їздів, свідоцтво про авторське право на твір, 2 інформаційних листа.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів власних досліджень, висновків, списку використаних джерел, що включає 226 найменувань (у тому числі, 61 іноземними мовами), 4 додатків. Дисертаційна робота викладена на 211 сторінках (основний текст подано на 158 сторінках), містить 14 рисунків, 24 таблиці.

## РОЗДІЛ 1

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕРГАТИЧНОГО НАВЧАЛЬНОГО  
СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується швидким поширенням різноманітних ІТ у навчальні та виробничі процеси. Зростає напруженість праці на тлі зниження фізичної активності людей, а саме: стану гіподинамії; монотонії; виникнення кібернетичного виробничого середовища.

Проникненням комп'ютерної техніки в усі галузі життєдіяльності людей, зокрема в навчання, відпочинок, особисте спілкування є ознакою нашого часу. Кількість користувачів комп'ютерів швидко зростає, особливо серед дітей молодого віку, студентів, школярів.

Комп'ютер може розглядатися як новий інструмент праці, що опосередковує розумову діяльність людини. Розвиток комп'ютерних мереж, що застосовуються у навчальному процесі навчальних закладів всіх рівнів, починаючи з молодших класів школи, складає специфічне комп'ютерне освітнє середовище, що створює свій вплив на стан осіб що навчаються.

Відповідно до тенденцій реформування системи вищої і середньої освіти, що базуються на широкому впровадженні ІКТ у навчальний процес, системи «людина – комп'ютер» забезпечують школярам і студентам процеси навчання, праці та відпочинку.

За матеріалами вітчизняних і закордонних наукових досліджень 2012-2017 років [1, 5], користувачі комп'ютерної техніки, школярі, перебувають, навчаються в умовах використання комп'ютерної техніки від 1 до 5 годин на добу; студенти — до 14 годин. Терміни будуть заплановано зростати, з погляду на впровадження МОН України в навчальний процес електронних підручників; тому зростатиме і навантаження на організм людей, що спричинять такі технічні засоби. В бюлетені Центру медичної статистики МОЗ України за 2015 рік [75] відзначається формування динаміки захворюваності дітей до 17 років, обумовленої, в тому числі, поширенням комп'ютерної техніки в житті дітей.

На початкових етапах впровадження комп'ютерної техніки у промислові процеси, у 70-х роках минулого сторіччя, питання виникнення професійних захворювань спонукало звернути увагу на умови праці фахівців із обслуговування комп'ютерних інформаційних систем [21, 24].

Питання вирішувались з погляду на надійність та стабільність функціонування комп'ютеризованих систем управління складними об'єктами [1, 2, 5, 57]. Відповідно до результатів їх досліджень, у осіб, що працюють у системах «людина – комп'ютер», наприклад, у операторів комп'ютерних систем керування промисловими об'єктами, з плином часу роботи спостерігаються порушення діяльності багатьох систем організму, з проявами певних патологічних синдромів: дихального; судинного; комп'ютерного зорового; карпального тунельного синдрому; хребетного синдрому тощо, внаслідок чого у людей виникають професійні захворювання.

Суб'єкти навчання за функціями, які вони виконують у процесі навчання, і навантаженням, можуть розглядатися як оператори комп'ютерних мереж, і елементи комп'ютерного навчального середовища — біологічні ланки людино-машинної системи, що має вирішальний вплив на її працездатність, являючись елементом управління діяльністю автоматизованої системи [2, 13].

Ресурс [11] наводить стан ринку комп'ютерної техніки у світі: за друге півріччя 2017 року було продано 262 тисячі стаціонарних комп'ютерів, 517 тисяч ноутбуків, 1117 тисяч планшетів, 2562 тисячі смартфонів, а загальна кількість смартфонів, що знаходиться у користувачів, сягнула 2,18 млрд виробів.

У той же час, знижується доля стаціонарних комп'ютерних приладів, таких як суперкомп'ютери, тонкі клієнти. Це означає, по-перше, значний розвиток мобільних інформаційних мереж, по-друге, розвиток відповідних мобільних комп'ютерних пристроїв; тобто, визначився тренд ринку до персональних мобільних гаджетів, які завжди можуть перебувати напоготові у власника, залучаючись таким чином у елементи ергатичної системи «особа – комп'ютер». З погляду фахівців ринку комп'ютерної техніки, кількість осіб, що користується гаджетами, сягнула 2.4 мільярда осіб, і продовжує зростати. Значна їх частка –



діти, підлітки, молодь. За даними того ж джерела, інвестори компанії Apple стурбовані можливістю негативного впливу смартфонів на здоров'я дітей, що користуються ними.

Однак, вони зазначають, що не існує водночас інформативного і легкого у виконанні метода оцінки стану дітей – школярів та студентів – при користуванні смартфоном. Школярі та студенти це особи, що знаходяться в періоді формування організму, розвитку розумової діяльності, коли для них існує підвищений ризик порушення здоров'я, тому важливою задачею є заходи моніторингу їх стану [14, 33, 38].

Відомі пристрої контролю стану серцево-судинної системи, наприклад, фітнестрекери, розраховані, в першу чергу на контроль змін функціонального стану людини при фізичній втомі [12, 13, 15, 16].

Під час роботи з комп'ютером, людина потерпає від розумового навантаження більш, чим від фізичного [34, 39]. Однак, дотепер не існує пристроїв, гаджетів, що давали б можливість без перешкод для діяльності особи виконувати контроль змін деякої кількості окремих функціональних систем організму. Невідомо, які саме функціональні системи відчувають надмірне навантаження при роботі з комп'ютером. Не існує інтегрального критерію оцінки стану особи.

1.1. Еволюційний шлях розвитку питання контролю стану людей, які працюють з комп'ютером

Функціональні аспекти роботи операторів комп'ютерних систем управління були розроблені протягом багатьох років [5, 128, 199]. Специфіка їх праці полягає у довготривалому збереженні статичної пози, підвищеній увазі до показників контролюючих систем, моніторів тощо [2, 85]. Необхідність аналізу стану операторів систем із відповідальністю за прийняте рішення обумовило вибір методів контролю стану операторів [22], якими є: контроль сстану серцево-судинної системи; контроль психологічного стану оператора [18, 23, 24].

Інформативним методом, що надає інформацію про поточний стан серцево-судинної системи, є метод оцінки варіабельності серцевого ритму (BCR) [3, 194, 195]. Спроби вести багатопараметричний контроль різних систем організму оператора проводилися на основі шкірно-гальванічного рефлексу [4, 12, 195]

Зосередженість осіб при відповідальному ставленні до операторської праці впливає на стан як операторів керуючих комп'ютерних систем, так і операторів комп'ютерного набору.

В Інституті медицини праці НАМН України [5, 57] проводились дослідження суб'єктивної оцінки стану захворюваності осіб – операторів комп'ютерного набору [14]. На основі анкетувань, досліджено скарги на стан здоров'я працівників з різним стажем роботи оператором. Суб'єктивну оцінку змін стану осіб в залежності від стажу їх роботи узагальнено в табл. 1.1.

Помітно, що зі зростанням стажу праці операторів за комп'ютером, негативні ознаки у стані операторів наростають.

Подібні за метою дослідження проводились у вузах, для виявлення порушень стану студентів різних курсів [40, 41].

Встановлено, що серцево-судинна система (ССС) першокурсників медичного університету за різних систем навчання, на відміну від випускників шкіл, характеризується схильністю до симпатикотонії, тахікардії, ознаками слабкості міокарда, нормотонічною інотропною реакцією на функціональну пробу. Виявлено гендерні відмінності у динаміці стану ССС студентів.

Питання впливу довготривалої роботи за комп'ютером осіб що навчаються на їх стан є поширеною світовою проблемою [24, 25]. Дослідження, що проводяться серед студентів вишів різних країн, доводять східні порушення ФС студентів. Jenkins M, Menéndez C.C., Amick B.C. 3rd, зі співавторами, Rice University, Houston, TX, USA [17] провели дослідження серед студентів різних факультетів, зокрема за участю 116 студентів коледжу інформаційних технологій 54 % з них повідомили, що відчували погіршення свого ФС через роботу за комп'ютером.

**Динаміка суб'єктивного оцінювання стану операторів  
комп'ютерного набору**

№ з/п	Симптоми впливу комп'ютера	Кількість працівників, що повідомили про симптоми, від загальної кількості опитаних (%)			
		Стаж	до 1 року	1–3 роки	3–5 років
1	Біль та різь в очах		58,8	67,5	88,7
2	Головний біль		17,6	23,3	42,5
3	Біль в області спини та шиї		18,5	21,2	32,2
4	Загальна втома		29,4	25,7	42,6
5	Втома м'язів рук		15,1	22,3	38,7
6	Порушення дихального апарату		11,7	21,6	35,3
7	Порушення ССС		8,3	15,5	20,6
8	Погіршення пам'яті		7,2	12,3	17,1

Роботи іноземних авторів [13, 14, 15] ілюструють вплив роботи за комп'ютером на стан опорно-рухової системи студентів, у тому числі на виникнення лучезап'ястного карпального тунельного симптому.

Заняття за комп'ютером призводить до появи симптомів, характерних для вегетативних дисфункцій [18]. Заняття за комп'ютером призводять до збільшення навантаження на кисті рук [14, 19]. Роботи відбивають стан проблеми контролю стану осіб що навчаються, як спостереження за комплексом розрізнених порушень.

Відповідно до теорії функціональних систем П. К. Анохіна, з подальшим розвитком її в трудах К. В. Судакова [121, 162, 170], функціональний стан людини є системою та набором систем, поєднаних для виконання певної роботи, досягнення певної мети. Вплив комп'ютерів, комп'ютерного середовища на стан особи має не розрізнений, а також системний характер. Тому слід контролювати та констатувати зміни стану особи не в окремих системах організму людини — опорно-руховій, зоровій, нервовій, серцево-судинній тощо, — а взаємозв'язок системних відхилень під час роботи особи за комп'ютером [27, 28].

## 1.2. Стан здоров'я осіб молодого віку

За даними ряду авторів [9, 11, 30], у працюючих за комп'ютером користувачів спостерігаються хвороби опорно-рухового апарату в 3,1 рази, порушення нервової системи в 4,6 рази, хвороби серцево-судинної системи в 2 рази, хвороби дихальної в 1,9 рази частіше, ніж у осіб, які не працюють за комп'ютером. Крім того, тривала робота за комп'ютером може призводити до дисфункції адаптаційних систем організму і, як результат, розвитку комп'ютерного синдрому, що є наслідком виникнення хронічного стресу — реакції у відповідь на вплив комплексу чинників навколишнього середовища [10, 15]. Тривала робота людини за комп'ютером впливає на функції організму: вищої нервової діяльності, ендокринної, імунної та репродуктивної систем, на зоровому і кістково-м'язовому апараті людини [11, 31]. З'являються типові порушення функціонального стану [12]: комп'ютерний зоровий синдром; карпальний тунельний синдром; хребетний синдром; дихальний, легеневий, він же грудний синдром; застійний, венозний, він же судинний синдром.

Дослідження особливостей навчання та відпочинку школярів і студентів у різних країнах доводять, що в молодших класах школярі перебувають за комп'ютером у середньому  $0,75 \pm 0,25$  годин на добу. В старших класах, із збільшенням шкільного навчального навантаження, термін перебування школярів у комп'ютерному середовищі зростає до 2.5 -3 годин на добу. Серед

школярів, що цікавляться програмуванням, вивченням інформаційних технологій, або схильні до комп'ютерної залежності, цей термін становить  $4.5 \pm 0,5$  години на добу [14, 18, 19].

Центр медичної статистики МОЗ у своєму щорічному статистичному бюлетені «Стан здоров'я дітей 0-17 років включно» [46] відзначає певну динаміку захворюваності дітей та підлітків, що є школярами, та/або майбутніми студентами. Відповідно до цих відомостей, в останні 10 років серед дітей збільшилась захворюваність на серцево-судинні захворювання — на 11,7 %; захворювання опорно-рухового апарату дітей — на 8,1 %; захворювання зору (близорукість) поширені серед 19 % дітей у віці 0-17 років.

При здійсненні аналізу динаміки захворюваності і поширеності хвороб дітей віком 0-6,7-14 та 15-17 років [48] встановлено, що в останні 5 років в Україні збільшилась поширеність захворювань серцево-судинної, опорно-м'язової систем дітей, а також захворювання органів зору серед населення у віці 7-17 років. У цей же час захворюваність аналогічними нозологіями серед дітей віком до 6 років загалом по Україні знизилась. Оскільки вплив медичних факторів на стан здоров'я дітей з віком зменшується, особливості приросту пояснено впливом несприятливих факторів навколишнього середовища.

Втім, в той же час зросла кількість різноманітних комп'ютерних пристроїв, гаджетів, що їх використовують школярі і студенти у навчанні та відпочинку [19, 30, 32]. Комп'ютер, підключений будь-яким чином до всесвітньої інформаційної мережі Інтернет, виконує для школяра або студента функції, що притаманні водночас бібліотеці, фільмотеці, підручнику, довіднику, робочому зошиту, щоденнику, що сприяє виконанню навчальних завдань, культурному розвитку і спілкуванню особи що навчається.

Таке поєднання можливостей технічних засобів, інформаційних джерел, програмного забезпечення і людини, що керує цими процесами і в інтересах якої вони відбуваються, — є підставою здійснити визначення ергатичної навчальної системи «особа – комп'ютер».

### 1.3. Ергатична система, ергатична навчальна система, ергатичне навчальне середовище

Ергатичною системою (ЕС) [2] називається будь-яка людино-машинна система, що виникає при взаємодії суб'єкта й об'єкта праці, призначена для вирішення завдань управління. Вона включає в себе, крім людини, програмних і технічних засобів, соціально-культурне середовище, що виникає при її пристосуванні до функціональних, психологічних, антропометричних і інших особливостей користувача.

Відмінною рисою ЕС є неможливість досягнення заздалегідь визначеної якості регламентних функцій системи кожною частиною системи окремо.

Ергатична навчальна система (ЕНС) — комп'ютерна автоматизована система, призначена для оптимізації процесу навчання з використанням засобів інформаційних та комунікаційних технологій, а також автоматизації процесів зворотного зв'язку й управління на її основі пізнавальною діяльністю суб'єкту навчання. У процесі існування ЕНС формується віртуальне соціально-культурне середовище. Його склад визначається цілями функціонування. ЕНС володіє цілеспрямованістю і адаптивністю [123]. Мету функціонування ергатичної системи формулює і надалі, при необхідності, трансформує людина – учасник цієї системи, тому ЕНС — інтерактивна і динамічна. Структура ЕНС не залежить від виду навчання, для якого вона застосовується. Вона ієрархічна, детермінована і поліергатична.

Ієрархія ЕС обумовлена явним і неявним включенням до її складу людей із різним ступенем відповідальності за її роботу. Оскільки число людей, що обов'язково беруть участь у роботі системи, більше одного, то така система поліергатична.

Функціонування ЕНС спрямовано на найповніше засвоєння знань, найбільш результативне виконання завдань особами, які навчаються. Апаратно-програмне забезпечення системи виступає в ролі засобу, включеного в діяльність людини. Оскільки ЕС може міняти способи досягнення мети в процесі навчання кожного

учня, але підсумковий результат її роботи заздалегідь визначений навчальною програмою, то навчальна ЕС є детермінованою, працюючої за заздалегідь підготовленим алгоритмом.

### 1.3.1. Властивості ергатичних навчальних систем

Ключовими відмінностями перебування особи в ЕНС від звичайного навчального класу є наявність комп'ютерної техніки в приміщенні, де знаходиться група людей, штучне, так зване віртуальне, навколишнє середовище такої системи і велика статичність пози, в якій тривалий час перебуває людина. Воно створює певні умови перебування, а саме: стан гіподинамії; монотонії; імерсивності середовища, що створюється ергатичною навчальною системою [7]. Монотонія — функціональний стан людини, що виникає при одноманітній роботі [8]. Характеризується зниженням тону і сприйнятливості, ослабленням свідомого контролю, погіршенням уваги і пам'яті, стереотипізації дій, появою відчуттів нудьги і втрати інтересу до роботи [39, 40]. Продуктивність діяльності лише на деякий час відновлюється за рахунок включення особливих вольових зусиль. У відповідь на монотонні умови роботи можуть розвиватися і явища психічного пересичення. Імерсивність — представляється як ілюзія знаходження у взаємодії із середовищем, яке наближається до реального [21]. Властивість заглибленості, імерсії була виділена дослідниками комп'ютерних віртуальних реальностей як їх основна відмінна риса [53]. Імерсивність (занурення) — важлива властивість віртуального ергатичного середовища, що відображає її можливості по залученню суб'єкта в систему відносин, яка визначається вмістом середовища [206, 207]. Імерсивність можна визначити як властивості технологічної частини середовища, що забезпечують психічний стан людини, в якому його «Я» сприймає себе оповитим, включеним, взаємодіє з деяким середовищем, що поставляє йому безперервний потік стимулів і досвіду. Властивості навчальних систем, що впливають на навчання: імерсивність, присутність і інтерактивність [21].

Діяльність у ергатичній комп'ютерній освітній системі можна розглядати як занурення в діалоговий досвід, вироблений штучним (або природним) середовищем. Імерсивність пов'язана з глибиною і широтою уявлення середового змісту. Глибина залежить від кількості даних, закодованих і переданих у каналі зв'язку, формованому в середовищі, а широта інформації визначає число сенсорних вимірювань, представлених одночасно [22].

Високий рівень імерсивності може досягатися різними способами, в число яких входять: використання систем віртуальної реальності, занурення у світ літературного твору, виклад матеріалу педагогом. У результаті занурення в середу у людини що навчається з'являється почуття присутності [22].

Присутність висловлює почуття знаходження людини в певному середовищі. У рамках теорії імерсивних середовищ [18, 22] під присутністю розуміється динамічний процес включення людини (його психологічної та функціональних систем) в ту чи іншу середу людського досвіду в процесі їх конструювання та освоєння [34, 39]. Цей процес, що відображає взаємини людини з тим чи іншим середовищем на різних етапах їх розвитку, супроводжується почуттям знаходження, присутності в середовищі.

Середовище, що веде до виникнення почуття присутності, може бути названо імерсивним (занурюючим) середовищем. Навчання в середовищі забезпечується певним рівнем занурення у зміст середовища і можливостями інтерактивного маніпулювання її елементами. Ступінь занурення в середу визначається рівнем залученості емоційно-когнітивних структур особи, яка навчається, в діяльність у середовищі і спільним функціонуванням його перцептивних і моторних систем [35, 36]. Відчуття присутності у цьому віртуальному середовищі, поглиненості ним – основний параметр, що відображає властивості віртуальної реальності [24]. Присутність — це ключове поняття у створенні навчальних середовищ, що залучають людей у взаємодію зі штучними, уявними світами [21].

Присутність є одним з механізмів свідомості, що створює кордон розрізнення між середовищами, в які включений суб'єкт, і між ним і



навколишнім світом [25]. Перспективи розвитку досліджень в області оцінки і вимірювання присутності пов'язані з широким впровадженням систем віртуальної реальності та Інтернету в системи навчання. Присутність також є важливим параметром, що визначає якість штучних навчальних середовищ.

Імерсивність навчальної ЕС визначається якістю використовуваного в навчальному процесі програмного забезпечення та інтенсивністю цього навчального процесу [26]. Вона визначається також здатністю студента сконцентрувати свою увагу на досліджуваному матеріалі та виконанні практичної роботи. В силу своїх естетичних властивостей, багатofункціональності та високій привабливості комп'ютерної техніки для учнів, імерсивність комп'ютерної ЕС більш висока, у порівнянні зі звичайним навчальним обладнанням та навчальним матеріалом [37, 40].

Очевидно, це є ключовою відмінністю, що призводить до тривалого збереження людиною, яка навчається, статичної пози та призводить до виникнення специфічного зв'язку між цією людиною та виниклим в її сприйнятті віртуальним навчальним середовищем. Цей процес призводить до напруженої роботи певних функціональних систем організму людини [41, 42].

#### 1.4. Визначення складових частин ергатичної навчальної системи

Наведені в санітарних нормах роботи для комп'ютерних класів 20-річної давнини, що діють по сьогодні, не враховують властивостей сучасних ЕНС, не дають можливості контролювати поточний функціональний стан і не відповідають сучасним вимогам до навчального процесу в ЕНС (ДСанПіН 5.5.6.009-98).

Отже, сьогодні немає засобів контролю поточного ФС студента у ЕНС, і не розроблено критерії, за якими поточний ФС може бути визнаний задовільним або погіршеним. Не існує сучасних рекомендацій щодо корекції змін ФС у ЕНС.

Необхідно розглядати систему, що контролює ФС студентів при роботі в сучасній ЕНС, з метою запобігання порушення їх здоров'я [43, 44, 45].

Терміном «система» визначається сукупність універсальних складових одиниць – елементів, що перебувають у певних співвідношеннях і зв'язках між собою, завдяки чому вони складають деяку певну цілісність. Елементи системи об'єднані специфічною сукупністю правил функціонування і параметрів, що можуть бути сформульованими у вигляді алгоритмів, і спільною метою функціонування [49].

Термін «автоматизована», на відміну від терміну «автоматична», підкреслює збереження за людиною, яка є складовою частиною ЕНС, деяких функцій або найбільш загального, цілеполагаючого характеру, або таких, що не піддаються автоматизації [46]. Автоматизована система (в інформаційних технологіях) — система, що реалізує інформаційну технологію виконання встановлених функцій за допомогою персоналу та комплексу засобів автоматизації [119]. В цьому випадку автоматизовані системи розглядаються як інформаційні системи [51].

Інформаційна система призначена для своєчасного забезпечення належних людей належною інформацією [120], для задоволення конкретних інформаційних потреб в рамках певної предметної області, при цьому результатом функціонування інформаційних систем є інформаційна продукція — документи, інформаційні масиви, бази даних та інформаційні послуги [46].

Межею системи є сукупність зв'язаних між собою елементів, що дозволяють зробити поділ на "внутрішнє" і "зовнішнє" середовища для системи що розглядається [50]. «Зовнішнє» середовище не є невід'ємною складовою такої системи [47, 49].

До внутрішнього середовища системи відносяться комп'ютерні засоби будь-якого виду — стаціонарні ПК, ноутбуки, iPhones і iPads тощо; програмні продукти; штучне віртуальне ергатичне середовище і людина що навчається в такій ЕНС з її властивостями, зокрема, її функціональним станом, що змінюється під час роботи в ЕНС [53, 54].

Стан і склад технічних засобів ЕНС, зміст програмних пакетів, а отже якості створюваного в процесі їх використання ергатичного навчального середовища

мають відповідати цілям функціонування ЕНС. Вони відомі заздалегідь, вони можуть коригуватись, у випадку необхідності, для пристосування під особисті можливості людини що навчається в ЕНС [52].

Неконтрольованим елементом ЕНС є ФСт людини, яка навчається.

Контроль ФСт студента в ЕНС сприятиме підвищенню надійності функціонування такої ЕНС, і дасть можливість зберегти здоров'я осіб — учасників ЕНС, за умов своєчасного повідомлення про погіршення ФС особи, з подальшим відповідним коригуванням [55, 56]. Об'єктом системи керування можуть бути як технічні об'єкти, їх моделі, так і люди. У випадку з ЕНС, об'єктом контролю є ФС людини і сама ця людина [57, 58].

Контроль має здійснюватись на основі спостереження за зміною параметрів ФСт, з метою забезпечення оптимального її функціонування методами вимірювання кінцевих значень контрольованих параметрів і співвіднесення їх із початковими результатами [59]. Завдяки застосуванню телемедичних технологій підвищується репрезентативність отриманих даних про ФС людини; дослідження ФС стає територіально незалежним. Впровадження грид-технологій, наприклад, як у проекті «Медгريد» [96, 102], використання хмарних технологій накопичення й обробки в онлайн-режимі отриманих даних може дозволити проводити збір та накопичування даних про ФС людини у онлайн-режимі, водночас зберігаючи анонімність користувача [99].

На основі даних контролю має здійснюватись адаптація ЕНС, тобто прийняття оптимальних управлінських рішень, щодо подальшої поведінки об'єкта — людини зі параметрами ФС що змінилися, для досягнення цим об'єктом певної мети [57, 64]. Методологічно контроль ФС людини являє собою проблемний порівняльний моніторинг — проведення низки однотипних замірів параметрів ФС, аналіз, оцінка; порівняння отриманих результатів для виявлення певних закономірностей, тенденцій, змінних і їх динаміки. Такий підхід дасть можливість рандомізувати результати, дозволить нівелювати впливи на зміни ФС факторів, що не контролюються або які не потрібно контролювати [54].

## 1.5. Складові моделі ергатичної комп'ютерної навчальної системи

Сучасне навчання всіх рівнів неможливе без комп'ютера, інформаційних систем та інформаційних мереж.

Національна стратегія розвитку освіти в Україні на 2012-2021 [74] роки передбачає: «Зусилля органів управління освітою всіх рівнів, науково-методичних служб за підтримки всього суспільства та держави мають бути зосереджені на реалізації пріоритетних напрямів розвитку освіти, подоланні наявних проблем, вирішенні перспективних завдань сталого розвитку, серед яких основними є: «оновлення цілей і змісту освіти на основі компетентнісного підходу та особистісної орієнтації; створення здоров'язбережнього освітнього середовища; розробка ефективної системи інклюзивної освіти; створення сучасної матеріально-технічної бази для системи освіти, забезпечення умов для розвитку індустрії сучасних засобів навчання (навчально-методичних, електронних, технічних, інформаційно- комунікаційних тощо)».

В системі вищої освіти активно впроваджується дистанційне і самостійне навчання; це можливо за використання технічних засобів зв'язку між ЗВО і людиною. Проведення занять із застосуванням технології телеконференцій, можливість дистанційного інтерактивного спілкування викладача зі студентами ставить учня перед необхідністю постійно взаємодіяти з комп'ютером, перебувати в комп'ютерному, інформаційному навчальному середовищі [24, 47].

Система технічних засобів навчання — перш за все, це технічні пристрої і апаратура, що використовуються в навчальному процесі для передачі і зберігання навчальної інформації, контролю за ходом її засвоєння, формування знань, навичок і умінь [53, 60, 61]. Комп'ютер виступає, зокрема, як тренажер, як інструмент, як канал спілкування і джерело отримання інформації з різних баз даних, як засіб презентації аудіовізуальної інформації тощо [61]. Всі ці функції комп'ютера, що використовуються в навчальному процесі, відображають, з одного боку, провідні тенденції розвитку сучасних комп'ютерних технологій, а з іншого – реалізують основні напрямки розвитку методичної думки, що

висуває на перший план комунікативний, когнітивний, особистісний підходи до навчання [68]. На думку деяких авторів Ленкової О. О., Мороховець Г. Ю., Міщенко С. В. [50], будь-яка технологія має засоби, що активізують і інтенсифікують діяльність учнів, в деяких же технологіях ці засоби складають головну ідею і причину ефективності результатів [71]. Під інформаційною технологією розуміється сукупність методів, процесів і програмно-технічних налаштувань, що забезпечують збір, обробку, зберігання, поширення і відображення інформації за допомогою комп'ютера [67].

Комп'ютерні програмні засоби враховують такі аспекти: індивідуальні потреби і інтереси студентів; різні стратегії засвоєння / оволодіння навчальним матеріалом; диференціацію способів пред'явлення навчального матеріалу; індивідуальні форми тренування; можливість створення широкого діапазону стимулів для залучення студентів в професійне віртуальне середовище; моделювання різних аспектів віртуального професійного медичного середовища у студентському віртуальному соціумі.

Як показує вітчизняний і закордонний досвід застосування інформаційних технологій [63, 66], реалізація їх можливостей дозволяє забезпечити:

- надання студенту інструменту дослідження, конструювання, формалізації знань про предметний світ і разом з тим активного компонента предметного світу, інструмента виміру, відображення і впливу на предметний світ;
- розширення сфери самостійної діяльності студентів за рахунок можливості організації різноманітних видів навчальної діяльності (досліджувано-дослідницька, учбово-ігрова, інформаційно-навчальна діяльність, а також діяльність по обробці інформації, зокрема й аудіовізуальної), в індивідуальній або колективній формі;
- індивідуалізацію і диференціацію процесу навчання за рахунок реалізації можливостей інтерактивного діалогу, самостійного вибору режиму навчальної діяльності й організаційних форм навчання;
- надання студентіві стратегії засвоєння навчального матеріалу чи рішення задач визначеного класу за рахунок реалізації можливостей;

- формування інформаційної культури, компонентів культури студента — члена інформаційного суспільства;
- підвищення мотивації навчання за рахунок комп'ютерної візуалізації досліджуваних об'єктів, явищ, керування досліджуваними об'єктами, ситуацією, можливості самостійного вибору форм і методів навчання, вкраплення ігрових ситуацій;
- розвиток професійного медичного віртуального середовища, вдосконалення правил його існування, спілкування в ньому.

Використання комп'ютерних інформаційних технологій дає змогу підвищити ефективність навчання за рахунок своєчасності подання інформації особі, що навчається, доцільного дозування інформації, можливості оперативного взаємозв'язку джерела навчальної інформації та студента, індивідуального налаштування темпу подання навчальної інформації до швидкості її засвоєння кожним окремим студентом [63, 64]. Ефективність поєднання індивідуальної та колективної діяльності завдяки використанню інформаційних технологій у навчальному процесі значною мірою сприяє розв'язанню проблем його гуманізації [68].

#### 1.5.1. Ергатичне навчальне середовище медичних закладів вищої освіти

Окремою ланкою в системі вищої освіти завжди була медична освіта. Медицина відноситься до області слабоформалізованих знань, адже у багатьох аспектах медичної діяльності неможливо встановити однозначні зв'язки між вхідними даними і результатами [69, 70]. Однак, в цієї області активно і успішно впроваджуються інформаційні технології, розроблюються алгоритми розв'язання медичних задач із застосуванням методів теорії вірогідності, математики, алгебри логіки, систем штучного інтелекту тощо, які дають можливість отримати не один результат розв'язання задачі, а низку прогнозів, що мають різну вірогідність виникнення. Для ефективної роботи в сучасних умовах, пов'язаних з більш високим технічним рівнем, з необхідністю

формування у студентів вміння вчитися, орієнтуватися в потоці інформації, одержуваної, крім традиційних шляхів, ще й через Інтернет, необхідно повною мірою володіти новітніми інформаційними технологіями [33, 72, 73].

Автори [25, 26, 29] відмічають, що для якісного навчання студентів — медиків потрібно приділяти увагу розробці професійних медичних інформаційних технологій, специфічного програмного забезпечення, зокрема вдосконалення програм — симуляторів «Віртуальній пацієнт», програм моделювання лікарської діяльності в різних ситуаціях повсякденної праці практикуючого лікаря, а також програм, що дозволять адекватно оцінити набуті студентом компетенції і навички роботи лікаря.

При використанні комп'ютера для контролю якості знань студентів досягається: висока об'єктивність оцінки, значне заощадження навчального часу, накопичення статистичної інформації в ході навчального процесу [24, 26].

Однак, такі апаратно-програмні засоби і створюване ними віртуальне професійне середовище має бути досконалим, таким що повністю імітує і доповнює роботу студента під безпосереднім керівництвом викладача адже деякі автори [51, 56] вважають, що лікарська підготовка не має бути позакласною, а лише очною. У той же час, медична освіта за кордоном — у країнах ЄС, США — побудована таким чином, що до отримання відповідного диплому майбутній лікар не має права проводити лікарські маніпуляції з пацієнтом [29]. Виникає необхідність створення різноманітних фізичних і віртуальних симуляторів, що відтворювали б в повній мірі увесь спектр наслідків втручання лікаря у функціонування організму цього пацієнта — віртуального тренажера. «Віртуальний тренажер — це навчальний посібник, що дозволяє формувати навички, необхідні в реальних умовах праці» [72, 73].

Інформаційні технології дають найбільш потужний інструмент розробки віртуальних медичних тренажерів. У WFME (World Federation of Medical Education) опрацьовані міжнародні стандарти медичної освіти, а з 2004 року розроблені WFME стандарти впроваджуються у світову медичне навчання завдяки зусиллям ВООЗ. У меморандумі «WHO/WFME Strategic partnership to

improve medical education» від 2004 року зокрема зауважено (англ.): «Немає єдиного шляху до поліпшення якості медичної освіти. Кожен регіон і країна має в своєму розпорядженні різні підходи, які повинні бути підтверджені, перевірені і, за необхідності, більш широко використані. Але для досягнення значних і стійких результатів, установи повинні бути віддані безперервного процесу розвитку якості. Стратегічне партнерство ВООЗ / ВФМО націлене на стимулювання цього зобов'язання».

Законом України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» [74], яким визначаються правові, економічні та організаційні засади формування цілісної системи пріоритетних напрямів інноваційної діяльності, одним із стратегічних пріоритетних напрямів на 2011-2021 рр. є «впровадження нових технологій та обладнання для якісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики».

Створюється єдиний інформаційно-технічний кіберпростір навчальних медичних закладів [14, 27, 32]. Інтеграція вузів України в це середовище розширює можливості для отримання знань студентом, але, в той же час, примушує студента майже постійно перебувати у комп'ютерному навчальному, соціальному і професійному середовищі, щоб отримати, осмислити і засвоїти комплекс необхідних знань, включитися у професійне віртуальне і реальне співтовариство.

Тривала взаємодія людини з комп'ютерними системами в стані гіподинамії відбивається на функціональному стані ФС) особи що навчається [Хасанова Н.Н., Агиров А.Х., Філімонова Т.А. [40]. Необхідність дослідження впливу комп'ютерного середовища на ФС людини і на результати його навчання підтверджується тим, що кількість сьогоденних і майбутніх учнів, підготовка яких пройде в умовах інформаційної навчальною середовища, дуже значна; число їх можна вважати рівною кількості населення в країні. Завдання сучасної освіти значно ускладняється, оскільки потрібно не тільки дати людині можливість засвоїти певний набір знань, але й одночасно не нашкодити її здоров'ю [29, 32].



## 1.6. Пошук інтегрального критерію оцінювання функціонального стану

Інтерес до вивчення питань впливу роботи в ЕС на ФСт суб'єкту навчання, обумовлений повсюдним впровадженням комп'ютерних систем у процес навчання, суттєво обмежується трудомісткістю і тривалістю виконання контрольних вимірів ФС, що проводяться загальноприйнятими методами функціональної діагностики [85, 198].

### 1.6.1. Поширені методи визначення параметрів стану осіб — операторів комп'ютерних систем

Для розпізнавання порушень в роботі організму людини існують розроблені методики. Найбільш інформативними вважаються методи електроміографії, електронеурографії [13, 97]. Широке застосування в оцінці змін ФС людини знаходять методи оцінки стану серцево-судинної системи людини, такі як аналіз варіабельності серцевого ритму і реовазографії кінцівок. Але ці інформативні та широко застосовувані методи (Машин А., 2006, 2008; Баєвський Р., 2003, 2008) вимагають від 15 до 20 хвилин на своє виконання, залежно від кваліфікації фахівця, який проводить такі дослідження.

Застосовувані інструментальні методи досить тривалі за часом, трудомісткі, вимагають спеціальної підготовки для проведення дослідження та інтерпретація його результатів і не підходять для експрес-оцінки ФС і його змін.

Для оцінки ФС людей в освітньому середовищі необхідний інтегральний критерій (ІК), який би дозволяв швидко визначити функціональний стан студента без проведення громіздких вимірювань. У літературі питання оцінки змін стану здоров'я студентів в основному присвячені контролю стану здоров'я студентів — спортсменів [116, 117]. Застосовані у таких дослідженнях методи контролю стану ССС притаманні відповідному фізичному навантаженню. В роботах Є. Михайлюка, М. Малахової (2012) розглядаються переваги використання певних модифікацій контролю ЧСС при виконанні студентом

фізичних вправ: методу Руфь'є та Мартіне-Кушелєвського. В Бердянському педагогічному університеті на кафедрі теорії та методики фізичного виховання також проведені роботи з удосконалення контролю ФС студента за допомогою визначення ЧСС. Відчутні зміни ЧСС людини виникають під час емоційних, фізичних навантажень. У ЕНС переважає не фізичне, а розумове навантаження та навантаження, обумовлене навколишнім ергатичним середовищем, що може взагалі не призводити до помітних змін ЧСС.

Поширена проба, що визначає врівноваженість симпатичних та парасимпатичних впливів, так звана кліностатична (Д.Ю. Нечитайло, 2012), хоч і нескладна у виконанні та реєстрації результатів, але вимагає від досліджуваного горизонтального положення, що неможливе у навчальному класі. Проба Ашнера, також призначена визначати збудливість парасимпатичного відділу ВНС, вимагає горизонтального стану досліджуваної особи протягом 5 хвилин, з наступним записом ЕКГ, що також є неприйнятне в навчальний час.

Як видно з наведених прикладів, до цього часу аналіз змін станів систем організму школярів і студентів у навчальному середовищі відбувається окремо для кожної системи, без урахування взаємного впливу таких змін одне на одну.

Але такий вплив з плином часу призводить спершу до донозологічних станів організму, а згодом — до виникнення патологічних станів, розвитку вищеперерахованих діагнозів, які можна вважати професійними захворюваннями людей при роботі за комп'ютером. Потрібно розглядати зміни ФС студента в процесі роботи в ЕНС як порушення злагодженості систем організму в цілому.

У [77] представлені результати дослідження, в яких розглядаються питання впливу відпочинку студентів після сесії і підготовки до змагань і динаміка їх електрошкірних характеристик (ЕШХ) у цей період. Показано достовірне зміна значень ЕШХ в процесі відпочинку, релаксації, аутотренінгу і їх виражена залежність від поточного функціонального стану. Машин В.А. в 2007 році [2], Кадомцев Г. М. зі співавторами [17], і в більш ранніх роботах, наприклад,

Шерідан Т.Б. і Феррел У.Р., методи визначення ЕШХ розглядають як найбільш прийнятні при здійсненні поточного контролю стану оператора управління складних систем, бійця спецпідрозділу тощо.

Проведено декілька фундаментальних досліджень успіху використання тих чи інших психологічних, фізіологічних і психофізіологічних методів оцінювання ФС оператора, систематизація яких дозволяє підвести певні підсумки робіт у цьому напрямі.

В роботі W. Boucsein і R. Backs [12] підсумовуються результати використання психофізіологічних методів в ХХ ст. для оцінки напруги праці з точки зору інформативності психофізіологічних показників по відношенню до різних видів діяльності по трьох категоріях: фізична напруга, розумова та емоційна. В [14] пропонується представляти ФС як багатомірний феномен, основними моментами вивчення якого є: 1) зовнішнє навантаження або вимоги задачі, 2) суб'єктивний стан, 3) наслідки або результати впливу психічної напруги на діяльність оператора та всієї системи в цілому. Функціональний стан характеризується певним рівнем напруги фізіологічних систем і функцій, тобто переходом організму на інший по відношенню до стану покою рівень регуляції гомеостазу. Пропонується розглядати в якості успішності діяльності оператора продуктивність його когнітивних процесів та рушійних функцій, що відповідають діяльності.

Вказується, що залежність між успішністю діяльності оператора та його активацією описується відомим законом Йєркаса-Додсона, який свідчить про наявність оптимального рівня активації, що відповідає максимальному рівню працездатності. Автор стверджує, що оптимальний рівень активації існує перед початком роботи, в той же час об'єктивно визнаючи, що початковий ФС оператора визначає його психологічну готовність до діяльності, посилаючись на закон Уайлдера та його досліджувані підтвердження [12] — що вищим є рівень початкової активності фізіологічної системи, то меншим є відносні зміни цього рівня під впливом стимулу (діяльності). Але в такому випадку це твердження приходить у протиріччя з подальшим висновком: з кожним класом ФС

оператора зв'язані його певні потенційні можливості щодо збільшення динаміки енергетичних витрат діяльності. Тобто будь-які подальші підвищення активації ведуть до зменшення працездатності (О.О. Навакатікян, 2012).

У [16] ФС оператора визначається як багатомірний образ психофізіологічного стану людини, що опосередковує діяльність по відношенню до фізіологічної та психологічної вартості. ФС оператора є результатом синтезу властивостей та поточного стану оператора, а також взаємодії оператора з операційними вимогами. Вимір та оцінювання ФС потребує врахування 3 аспектів: фоновий (background) стан, що може виступати як характерна ознака, відбиває різноманітність психологічних, фізіологічних та когнітивних профілів індивіда; є відносно стабільним протягом певного часу; базовий (baseline) стан, що визначається як локальний та не стресовий стан перед початком виконання конкретного завдання; відбиває особливості умов діяльності, включаючи специфіку наступного завдання та ситуативні стресори; операційний стан, що безпосередньо пов'язаний із виконанням конкретного завдання; відбиває в певній мірі адаптаційні можливості оператора.

Вимірювання соматомоторної діяльності. До цієї групи психофізіологічних показників відносяться [201]: показники електроміографії, що дозволяють оцінювати не тільки напруження окремих груп м'язів під час фізичної, але і розумової праці; рух очей та частота мигання є чутливим індикатором розумової, а в деяких випадках, і емоційної напруги та втоми; саккадна швидкість, тривалість та ковзання; розмір зіниці.

Недоліком цих показників є складність використання в реальних умовах. Це пов'язано зі складністю апаратури, умов її використання, а у випадку з параметрами очей — складністю збереження позиції ока у полі зору вимірювальної апаратури.

З тих методів, що застосовують у даний час — передзмінний, передрейсовий контроль осіб операторських професій медичними методами контролю [18, 24, 25], стан операторів АЕС [2, 129], для передпольотного контролю в авіації [28, 29].

### 1.6.2. Застосування електрошкірних показників для визначення стану осіб професій, що вимагають експрес-методів

Показники шкіряного опору або ємності вважаються високо інформативними у відношенні розумової праці [108]. В порівнянні з методами, що раніше застосовувалися, автоматизація обстеження, що дозволило зробити систему такою, що реально працює, оперативною, понизило необхідність у роботі кваліфікованого медичного персоналу; ведення індивідуального архіву обстеження; індивідуальна оцінка динаміки психофізіологічних параметрів на основі індивідуальної норми.

У Вінницькому національному технічному університеті авторами С. М. Злепко, Р. С. Белзецкий і С. В. Костишин розроблено структурну схему системи безперервного контролю поточного функціонального стану людини, визначеного за величинами вимірювань електрошкірних характеристик репрезентативних «біологічно активних точок», або специфічних микрозон (МЗ) на основі спеціального аналого-цифрового перетворювача [137]. Декілька подальших робіт Р. С. Белзецкого [137] підтверджують чутливість змін шкірно-гальванічного рефлексу та стану «біологічно активних точок» до змін психофізіологічних станів людини що спостерігається.

Хасанова, Трохимчук, Філімонова [40] відзначають тривалу щоденну роботу студентів за комп'ютером. У середньому, студент перебуває у комп'ютерному ЕС 4 години на добу, а зміни у його ФС, визначені за допомогою методів коректурних проб дозування роботи за буквеними таблицями; теплінг-тесту та визначення найближчої точки акомодатції настають від 35 хвилини роботи студента в ЕС.

Враховуючи час безперервного перебування студента в навчальній ЕС, є подібність у діяльності, напруженості, тривалості і відповідальності роботи оператора складних систем управління будь-якого призначення та студента в ЕНС [85, 118, 180]: оператор, як і студент, працює з комп'ютерними системами, проте специфіка його психічної діяльності і мета роботи інша.

Оператору необхідно швидко і професійно грамотно реагувати на вхідні впливи, одержувані з моніторів керуючих комп'ютерів. Студент повинен мати можливість повністю осмислити і засвоїти навчальний матеріал, що надається з монітора комп'ютера, ергатична навчальна система.

Специфікою операторської праці є більше навантаження не на енергомійкі процеси, а на інформаційні, що за своєю природою є не дискретними, оскільки концептуальна модель процесу як результат психологічної адаптованості людини до праці (В.І. Медведєв), розгортається у часі незалежно від зовнішнього процесу й, зі змістовної точки зору, діяльність оператора полягає у дискретному співставленні отриманої ззовні інформації з постійно існуючою моделлю. Інакше кажучи, концептуальну модель діяльності можна вважати інформаційним шаром професійної діяльності, тоді як ланцюжок «аферентні входи – АД – фізіологічне керування – ефектори – дія» є енергетичним шаром.

Результат роботи ЕС пов'язаний із якістю освіти. Тому в якості критерію оцінювання зміни ФС студента, що є результатом впливу ЕС, може бути обраний інструментальний експрес-метод визначення електрошкірних характеристик у певних мікронах на шкірі (ЕШХ МЗ), придатний для операторів систем управління [127, 129]. Визначення вхідного, вихідного та поточного ФС організму людини в цій ергатичній системі дозволить управляти її життєздатністю, що сприятливо відіб'ється на рівні освіти студента і дозволить не знижувати рівень здоров'я людини за період навчання.

Метод неінвазивний, простий у виконанні, має можливість проводити «індивідуальну настройку» для визначення зміни стану кожної людини — учасника ЕС і проводити поточний моніторинг змін ФС студента.

Наявність контролю ФС людини в ЕНС призведе до зникнення невизначеності щодо швидкості та якості досягнення ЕНС мети її діяльності, дасть можливість заздалегідь запобігти погіршенню ФС людини, з метою збереження здоров'я людини що навчається і досягти мети діяльності ЕНС, а також виявити не лише деструктивні, але й конструктивні рівні змін параметрів стану людини в ЕНС, що сприяють досягненню системою її мети.

## Висновки до розділу:

1. Сучасне суспільство в багатьох ланках своєї діяльності, зокрема в освіті всіх рівнів, застосовує комп'ютерні засоби, комп'ютерні інформаційні мережі, що за участі в них людини, яка працює або навчається з використанням комп'ютерної техніки, створюють різноманітні ергатичні комп'ютерні системи, що, в свою чергу, утворюють ергатичне навчальне середовище.

2. Робота людини за комп'ютером впливає на функції організму. Це спостерігається в усіх верствах користувачів комп'ютерної техніки, незалежно від цілі використання комп'ютера особою — робота, навчання, розваги, спілкування в мережі.

3. За даними літератури, зміни функціонального стану організму людини мають аналогічний характер у професійних користувачів комп'ютерів — операторів різноманітних систем управління.

4. Особи, які працюють за комп'ютером, потерпають від патологічних синдромів: дихального; судинного; комп'ютерного зорового; карпального тунельного синдрому; хребетного синдрому. Важливо проводити моніторинг стану користувачів комп'ютерів з метою збереження здоров'я населення.

5. Користувачі комп'ютерних пристроїв вважаються операторами, за ознаками. Розвиток мобільних комп'ютерних пристроїв дозволяє вирішити проблему контролю ФСт осіб у ЕНС.

Основні положення розділу опубліковано в таких наукових працях автора: [19, 23, 81].

## РОЗДІЛ 2

### ДИЗАЙН ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1. Загальна характеристика предмету, об'єкта та методів дослідження

Стан здоров'я населення є надзвичайно важливим критерієм рівня соціально-економічного розвитку суспільства. Стан здоров'я людей, які навчаються, його контроль та своєчасне коригування — частина соціального базису суспільства, запорука майбутнього добробуту країни.

В умовах якнайширшого застосування ІТ у освіті, розвитку інформаційних мереж закладів освіти всіх рівнів, проникненню соціальних мереж різного спрямування в повсякденне життя людей є доцільним встановити, яким саме чином впливають елементи штучно відтвореного кіберсередовища, з такими їх специфічними якостями як імерсивність, примусова гіподинамія, на ФС людей.

Аналіз застосування існуючих методів дозволив у даному дослідженні комбінувати різні підходи до оброблення інформації для забезпечення валідності результатів дослідження відповідно до мети та завдань дисертаційної роботи.

Дизайн дослідження базувався на аналізі, систематизації та виявленні загальних закономірностей впливу середовища і загальних умов діяльності ЕНС на ФС студентів для підвищення якості її функціонування через контроль основної ланки ЕНС – людського фактору, а також розробленні принципів взаємодії, науково-методичних підходів і практичних рекомендацій щодо регламентів функціонування ЕНС з їх штучним навколишнім середовищем, що забезпечували б здоров'я осіб, які навчаються при застосуванні таких систем.

Концептуальні підходи до організації дослідження:

1. Обґрунтування предмету дослідження. Створено постановочний експеримент для встановлення наявності змін параметрів ФСт за допомогою моделі системи контролю стану особи на основі стандартного методу реєстрації параметрів ВСР. Суб'єкти навчання – особи, які навчаються в звичайному навчальному класі та в ЕНС.



2. Перевірка наявності змін за допомогою другої моделі системи контролю стану осіб у ЕНС на базі параметрів ЕШХ МЗ, виміряних до початку та по завершенню заняття у звичайному класі та в ЕНС.

3. Вивчення параметрів ФС осіб, що змінюються у ЕС, за допомогою першої моделі системи. Встановлення величин змін параметрів ФС суб'єктів навчання у ЕС методами реєстрації та аналізу показників ВСП, РВГ верхніх кінцівок учасників досліджень.

4. Вивчення параметрів ФС осіб, що змінюються у ЕС, за допомогою другої моделі системи. Встановлення величин змін параметрів ФС суб'єктів навчання у ЕС. Розроблення системи контролю ФС особи у ЕНС методами реєстрації та аналізу показників ЕШХ МЗ учасників досліджень.

5. Вивчення кількісних показників особистісної та ситуативної тривожності учасників дослідження, визначених за допомогою теста Спілбергера-Ханіна.

6. Аналіз отриманих результатів. Визначення взаємозв'язку між контрольованими параметрами ВСП, РВГ та показниками вимірів ЕШХ МЗ. Встановлення наявності чи відсутності впливу початкового психологічного стану - тривожності суб'єктів навчання на характер змін ФС при роботі в ЕНС.

7. Вивчення характеру змін ФС суб'єктів навчання в ЕНС за результатами ВСП і РВГ й знаходження кореляційних зв'язків між відносними змінами параметрів ВСП і РВГ та відносними змінами ЕШХ МЗ, що надасть можливість підтвердити або спростувати застосування ЕШХ МЗ у якості інтегрального критерію зміни ФС людини в ЕНС.

8. Оцінювання взаємозв'язку початкового, кінцевого стану ЕШХ МЗ, зареєстрованих у студентів що працюють у ЕНС, або їх відносних змін, та успішності навчання учасників дослідження. Успішність навчання встановлювалась як відсоток вірних відповідей на запитання контрольних тестів, до загальної кількості запитань у даному тесті. Для такого оцінювання використовувався метод узгоджених експертних оцінок – конкордація Фрідмана.

Кількісну складову досліджуваної частини дисертаційного дослідження за напрямками досліджень представлено в табл. 2.1.

**Кількісна складова досліджуваної частини дисертаційного дослідження**

Напрямок дослідження	Характеристика досліджуваного матеріалу	Кількість учасників	Методи оброблення матеріалів
1	2	3	4
Підбір набору контрольованих параметрів стану – ВСП	Наявність відносних змін параметрів; наявність узгодженості змін	Контрольна група – 74 особи; Дослідна група – 74 особи	Методи варіаційної статистики Методи кореляції
Підбір набору контрольованих параметрів стану – ЕШХ МЗ	Наявність відносних змін параметрів; наявність узгодженості змін	Контрольна група – 74 особи; Дослідна група – 74 особи	Методи варіаційної статистики Методи кореляції
Підбір контрольованих параметрів : ВСП, РВГ	Параметри ФС студентів	Контрольна група – 74 особи; Дослідна група – 157 осіб	Методи кореляції Методи варіаційної статистики
Підбір контрольованих параметрів : ЕШХ МЗ	Параметри ФС студентів	Контрольна група – 74 особи; Дослідна група – 157 осіб	Методи кореляції Методи варіаційної статистики

1	2	3	4
Підбір контрольованих параметрів : тест Спілбергера-Ханіна	Параметри стану тривожності студентів	Контрольна група – 74 особи; Дослідна група – 157 осіб	Методи кореляції Методи варіаційної статистики
Визначення характерності змін ФС студентів у ЕНС	Параметри ФС студентів	Контрольна група – 74 особи; Дослідна група – 157 осіб	Методи кореляційного та кластерного аналізу
Визначення взаємозв'язку між змінами ФС студента у ЕНС та його психологічною особливістю – тривожністю	Параметри ФС студентів Результати тесту Спілбергера - Ханіна	Дослідна група – 157 осіб	Методи варіаційної статистики
Визначення впливу змін ФС студента у ЕНС на кількісні показники навчання	Параметри ФС студентів Результати тестування у системі RATOS	Дослідна група – 157 осіб	Методи експертних оцінок

### 2.1.1. Загальна характеристика умов проведення дослідження

Дослідження проводилося протягом 2011-2015 навчальних років на базі кафедри медичної та фармацевтичної інформатики і кафедри біоорганічної та токсикологічної хімії Запорізького державного медичного університету.

Особи, які брали участь у дослідженні, своєчасно пройшли належне для студентів періодичне профілактичне медичне обстеження (п. 6 рішення колегії МОН, МОЗ та Міністерства сім'ї, молоді та спорту України від 11.11.2008 №13/1-2 10 11/1, рішення Вченої Ради ЗДМУ (2.1, 2.2, 2.4) від 21.04.2009), за результатами якого відповідною експертною лікарською комісією визнані практично здоровими.

Дизайн та умови дослідження відповідають етичним та морально-правовим вимогам, міжнародним і вітчизняним правовим документам, Женевській декларації лікарів (Генеральна асамблея ВМА, 1948 року, зі змінами від 1968, 1983 та 1994 років); Хельсінкської декларації (Генеральна асамблея ВМА, 1964 року з доповненнями 1975, 1983, 1989, 1996, 2000 рр); Стандартів ICHGCP, 1996 року.

Для проведення дослідження була випадковим чином відібрана група зі 157 осіб у віці  $18,61 \pm 0,24$  років, 71 юнак і 86 дівчат. Інформація щодо цілей, умов та видів дослідження була представлена добровольцям перед тим, як вони повинні були дати згоду на проведення дослідження за своїми підписами та зазначеними датами. Всі особи, які взяли участь у дослідженні ввійшли в досліджувану групу. Частина обстеженого контингенту, 74 людини, склали контрольну групу. Отже, контрольна і досліджувана групи представляють собою пов'язані вибірки – одні й ті ж обстежувані об'єкти в різних умовах. Дослідження проводилося в однаковий час доби – від 12.00 до 16.00, для уникнення впливу циркадних ритмів на загальний стан досліджуваних.

Для визначення способу оцінювання відносних змін ФСт, яка працює в ЕНС «людина – комп'ютер», необхідно було встановити наявність змін та їх можливу відмінність від змін поза ергатичної системи. Це обумовило існування декількох етапів, що проходили в різних умовах.

Умовами в даному дослідженні вважалися наявність або відсутність ергатичних комп'ютерних систем в технічному і методичному оснащенні навчального процесу.

Моделлю досліджуваних умов роботи людини в ЕС був обраний навчальний процес у комп'ютерних класах, зі стандартними вимогами до безпеки їх функціонування. Устаткування класів з ергатичними комп'ютерними системами – комплекти комп'ютерної техніки з відповідним програмним забезпеченням, що склалися з сервера та робочих станцій, об'єднаних в локальну мережу з топологією «загальна шина». Сервери: пристрої R-Line з процесором Intel Core I5 - 2320W, з тактовою частотою 3,4 ГГц. Робочі станції: 1) тонкі клієнти HP T5520, тактова частота 800 МГц; 2) комп'ютери Athlon, з тактовою частотою 2,4 ГГц. У кожному комп'ютерному класі знаходився один сервер і 8 ÷ 14 робочих станцій. Монітори комп'ютерів у класах були електронно-променевими і LCD. Маніпулятори «миша» були роликowymi і лазерними. Всі комп'ютерні класи об'єднані в корпоративну локальну мережу.

Засобом контролю засвоєння отриманих знань служила авторська комп'ютерна програма RATOS (А.с. від 07.09.2009 № 31089) [18]. Критерії оцінювання встановлено у відсотках вірних відповідей до загальної кількості запитань у тесті.

В якості контрольних розглядалися навчальні заняття, що проводилися в лабораторії, без використання будь-яких засобів комп'ютерної техніки, методичний матеріал представлений на паперовому носії. Контроль запам'ятовування навчального матеріалу проводиться у вигляді виконання самостійної роботи і відповідей на контрольні питання, записуваних на листку. Оцінювання проводить викладач, виходячи з якості відповідей студента на контрольні запитання та особистої оцінки активності студента на занятті.

### 2.1.2. Обґрунтування вибору та характеристика методів дослідження функціонального стану людини

ФС – стан живої системи, що визначає рівень життєдіяльності організму, системну відповідь на фізичне навантаження, дозволяє оцінити рівень адаптації організму до навколишнього середовища і до зусиль, необхідних для виконання

поставлених завдань [77]. Критерії ФС: надійність – здатність людини виконувати свою роботу на заданому рівні; ціна діяльності – характеристика затрат організму на здійснення діяльності [78].

Методи дослідження ФС суб'єктів навчання визначено на підставі аналізу літератури в галузі контролю ФС осіб, які виконують роль ланки у складних ЕС, зокрема пілотів, диспетчерів авіаліній і залізничних шляхів сполучення тощо [14, 18, 121]. Встановлено, що у представників таких професій під час роботи в ЕС найбільш навантаженими є серцево-судинна та нервова системи організму.

Аналіз фізіологічних механізмів регуляції ССС дає можливість отримати інформацію про функціональний стан всього організму [4]. Контроль параметрів ССС за допомогою методів варіабельності серцевого ритму, реовазографії кінцівок дозволяє визначати також стан регулюючих систем організму.

Згідно з дослідженнями Р. Баєвського [3, 4, 195], ВСР відображає показники управління фізіологічними функціями організму, стан ВНС, ЦНС і власне ССС. РВГ дає можливість розпізнавати різні види колатерального і магістрального кровотоку, діагностувати порушення венозного відтоку. Ці величини описують стан периферичного відділу ССС і його реакцію на вплив факторів навколишнього середовища, зокрема ЕНС, тобто відбивають вплив периферичного кровообігу на загальний ФС організму людини.

Згідно з теорією функціональних систем [109, 110], цілісний організм на основі нервових, гуморальних та інформаційних механізмів об'єднує безліч ФС, що взаємодіють і забезпечують гомеостаз і адаптацію організму до умов навколишнього середовища. Універсальним системоутворюючим фактором слід вважати досягнення корисного (адаптивного) результату [169, 170], що упорядковує міжкомпонентні взаємодії. Тому для оцінювання стану різноманітних ФС необхідний інтегральний критерій, що б дозволяв відображати кількісні характеристики станів окремих ФС організму та їх зміни під впливом роботи в ЕНС.

Вимір ЕШХ МЗ – метод контролю ФС людей, що є складовими різноманітних ергатичних систем [118]. Встановлено, що МЗ змінюють свої

характеристики не тільки при виникненні патологічних, але й при протіканні природних фізіологічних процесів, у разі фізичних і розумових навантажень досліджуваної особи. Тобто ЕШХ відібраних МЗ описують поточний ФС людини з урахуванням кожної контрольованої через параметри МЗ системи окремо. Тому метод виміру ЕШХ МЗ, що дозволяє легко і швидко відстежувати зміни у декількох певних ФС, був нами обраний для подальших досліджень.

Важливо також враховувати, що на ФС людини мають вплив деякі особливості її особистості, зокрема, тривожність. Тому, визначаючи ФС людини та ступінь його змінення під впливом навантажень, слід враховувати психологічний стан особи. Особливості проявів вегетативних функцій у перехідних процесах відобразяться на параметрах ФС, таких як ВСР та РВГ. Для знаходження кількісного взаємозв'язку між параметрами ФС, визначеними перерахованими методами, це повинні бути кількісні методи.

Важливим результатом діяльності особи в ЕНС стає якість навчання, що може бути оцінена в балах. Кількісний характер усіх контрольованих параметрів діяльності ЕНС дозволяє визначити їх взаємозв'язок і винайти міру впливу роботи в ЕНС на ФС студента, і, навпаки, вплив ФС людини на результат навчання.

Отже, методами проведення дослідження обрано такі [128, 130]:

1. Визначення варіабельності серцевого ритму.
2. Визначення показників реовазографії верхніх кінцівок.
3. Вимір електрошкірних характеристик у мікронах на певних ділянках на тілі людини.
4. Психологічний стан учасників дослідження визначався на основі тесту Спілбергера-Ханіна.
5. Оцінювання якості засвоєння навчального матеріалу за допомогою контрольної системи RATOS [18].
6. Статистична оцінка отриманих результатів виконана за допомогою програми Statistica 6.0 серійний номер AXXR712D833214FAN5 [136].

Комплекс обраних методів представляє модель системи автоматизованого контролю ФСт осіб у ЕНС.

## 2.2. Опис обраних методів контролю функціонального стану людини та перелік контрольованих показників функціонального стану

Визначення ВСР і РВГ виконувалося за допомогою технічних комплексів «Кардіолаб» і «РеоКом», виробництва науково-технічного центру радіоелектронних медичних приладів та технологій ХАІ-МЕДИКА Національного аерокосмічного університету ім. Н.С. Жуковського "ХАІ" [6, 7]. Програмне забезпечення сумісне з Windows 7/8/10. Комплекси сертифіковано в Україні та дозволено до застосування в медичній практиці (ТУ У 33.1 – 02066769 – 002 – 2002 і ТУ У 33.1 – 02066769 – 003 – 2002 відповідно). Дати випуску приладів – 2008 рік. Комплекси включають тільки стандартні сертифіковані пристрої, на які є необхідний комплект документації.

Вимірювання ЕШХ МЗ проводилося приладом «Рада-5», ІЛ ТС ЕМС АНО «Радіооборонтест» (дата випуску 2009 рік). «Рада-5» не включається в мережу, тому він електробезпечний. Електроживлення пристрою від батарейки 9В, сила струму  $1 \div 20 \mu\text{A}$ . Вимірювальний струм постійний, негативної полярності [8, 9].

Фізично всі пристрої реєструють: напругу; електричну провідність; опір; час. Однорідні параметри можна порівнювати між собою.

Метрологічна перевірка всіх використовуваних вимірювальних пристроїв проводилася, щорічно відповідно до регламенту.

Всі вимірювання виконано лікарями-спеціалістами в галузі функціональної діагностики на основі міжкафедральних договорів. Видача та збір бланків тесту Спілбергера-Ханіна, запис результатів вимірів ЕШХ МЗ на паперовий носій виконувалися представником кафедри.

### 2.2.1. Реєстрація варіабельності серцевого ритму

Відомо, що ВСР – це природні зміни інтервалів часу між серцевими скороченнями (тривалості кардіоциклу) нормального синусового ритму серця. Варіабельність – властивість біологічних процесів, що пов'язана з необхідністю



приспосовування організму до мінливих умов навколишнього середовища, у відповідь на вплив будь-яких факторів. ВСР є індикатором відхилень в роботі ВНС і в даний час визнана найбільш інформативним неінвазивним методом кількісного оцінювання вегетативної регуляції серцевого ритму. Тому дослідження ВСР дає інформацію про роботу серцево-судинної, нервової, дихальної, ендокринної систем. Аналіз ВСР застосовують у таких дослідженнях [193, 194]: оцінювання функціонального стану людини-оператора; функціональних станів при масових профілактичних обстеженнях різних контингентів населення; прогнозування функціонального стану (стійкості організму) при визначення профпридатності.

Показники ВСР дають можливість кількісного визначення впливу на ритм серця центрального, вегетативного, гуморального, рефлекторного механізмів регуляції та оцінки на цій основі поточного ФС людини і його адаптаційних резервів [192, 195]. Вивчення ФС людини на базі аналізу ВСР можливо в умовах звичайної діяльності або при виконанні професійних навантажень. Тривалість ЕКГ-запису відповідно до обраної методики та пристрою становить 5 хвилин.

Кожен запис ВСР проводився за стандартною методикою в положенні досліджуваного сидячи, з накладенням відповідних електродів на кінцівки добровольця за схемою відведень «ЕКГ монітор», описаної в керівництві до пристрою реєстрації ВСР [6].

Зберігання отриманої інформації здійснювалося в спеціальній базі даних. Кожен запис зберігався у вигляді протоколу досліджень під відповідним номером із можливістю автоматизованого пошуку та використання для подальшої обробки. Протокол включав: дату дослідження, паспортні дані, антропометричні показники випробуваного, виконані online розрахунки. Виконувалися вимірювання та розрахунок показників ВСР методами статистичної, спектральної, геометричної та кореляційної ритмографії (табл. 2.2). Всі параметри є розрахунковими [198]. Для кожного з рівнів вегетативної регуляції характерна наявність певної періодичності коливань регульованих ними процесів.

**Контрольовані параметри варіабельності серцевого ритму**

Параметр	Характеристика
1	2
TP загальна потужність спектру частот від 0,015 до 0.15 Гц	Сумарна активність впливу вегетативної нервової системи на серцевий ритм
LF низькочастотні хвилі	Рівень активності вазомоторного центру
VLF дуже низькочастотні хвилі	Активність гуморально-метаболічної системи регуляції кровообігу; підвищення є вегетативним ознакою тривоги, спостерігається при стресі
HF високочастотні хвилі	Рівень активності парасимпатичної ланки регуляції
LF / HF симпатовагальний індекс	Баланс симпатичного і парасимпатичного впливу на ритм серця; невелике зміщення балансу в бік більш високої активності в бік домінування симпатичного відділу ВНС, що властиво стресу. Ставлення вираженості судинної до дихальної синусової аритмії до вагусу (відношення активності симпатичного нерва до вагусу)
ІН, стрес-індекс	Відбиває ступінь централізації управління ритмом серця, характеризує активність симпатичного відділу ВНС (міра переваги активності центральних механізмів регуляції над автономними)
SDNN Стандартне відхилення масиву нормальних кардіоінтервалів	Сумарний ефект вегетативної регуляції кровообігу (загальна ВСР). Зменшення величини SDNN свідчить про посилення активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи

1	2
RMSSD	Активність парасимпатичної ланки вегетативної регуляції (вираженість дихальної синусової аритмії)
pNN 50 %	Показник ступеня переважання парасимпатичної ланки регуляції над симпатичним (відносне значення)

Інтегральним показником стану процесів саморегуляції нейрофізіологічного рівня є співвідношення активності симпатичного і парасимпатичного відділів ВНС. ВСР може мати зовнішнє і внутрішнє походження [113]. Індекс напруженості (ІН) регуляторних систем відображає ступінь централізації управління ритмом серця й характеризує, в основному, активність симпатичного відділу вегетативної нервової системи. Величина ІН в нормі коливається в межах від 50 до 150 умовних одиниць.

### 2.2.2. Реєстрація реовазограми

Реовазографія – неінвазивний біофізичний метод вивчення стану ССС, системного та регіонарного кровообігу, що заснований на реєстрації змін електричного опору тканин змінному струму високої частоти при проходженні через судинну систему пульсових хвиль і зміні обсягу судин у цей період [115]. РВГ доповнює інформацію ВСР про ФСт людини в частині стану периферійного кровообігу, що є суттєво для аналізу змін ФС людини, робота якої пов'язана з тривалим перебуванням в статичній позі (сидячи за комп'ютером) [127].

При аналізі РВГ кінцівок оцінюють форму кривої, деякі кількісні показники РВГ, звертають увагу на симетричність РВГ, зареєстрованих на одних і тих же ділянках кінцівки праворуч і ліворуч. Такий аналіз дозволяє виявити локалізацію і поширеність порушення периферичного кровообігу по магістральних артеріях, оцінити тонус судин і стан колатерального кровотоку.

Реографічне обстеження проводилося за допомогою блоку «РеоКом», за тетраполярною методикою, в положенні досліджуваного сидячи, відповідно до правил, що їх розроблено для обстеження операторів під час роботи [113]. Електроди реографа накладалися на передпліччя, відстань між ними визначалося вимірювальним пристроєм. Результати вимірювань і розрахункові величини РВГ заносили у формовану апаратним комплексом базу даних, програмний пакет до якої дозволяє накопичувати дані, обробляти, формувати висновок по обраному комплексу контрольованих параметрів РВГ, зберігати дані (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

### Контрольовані параметри РВГ

Параметр	Характеристика
Міжамплітудний коефіцієнт інцизури	Стан периферичного судинного опору.
Міжамплітудний показник діастолічної хвилі	Характеристика венозного відтоку.
Час швидкого кровонаповнення	Обумовлено величиною ударного об'єму серця і пружністю стінок великих судин.
Коефіцієнт периферичного опору	Відображення тонузу артеріол.
Кровонаповнення судин дрібного калібру	Оцінка венозного відтоку.
Тонус середніх і дрібних артеріол	Оцінка венозного відтоку.
Асиметрія кровонаповнення дрібних судин	Оцінка реактивності судин, ефективність механізмів перерозподілу кровотоку.

Для клінічної оцінки записують і аналізують 3-4 реографічні цикли. Реограма оцінюється за якісними та кількісними показниками. При якісній оцінці звертають увагу на регулярність пульсових хвиль, крутизну підйому і спуску, характер вершини, вираженість інцизури та діастолічної хвилі. Реограма

здорових характеризується систолічною хвилею з крутим підйомом і пологим спуском, загостреною вершиною, добре вираженою інцизурою.

Тетраполярна реографія дозволяє точно вимірювати опір тканин, кількісно оцінювати об'ємний кровотік в тканинах. При використанні тетраполярного метода два електроди служать для пропускання електричного струму, а ще два – для реєстрації електричного опору тканин. Вимірювальні електроди при цьому розташовують так, щоб між ними виявилася досліджувана область.

### 2.2.3. Реєстрація параметрів електрошкірних характеристик мікрозон

Використаний метод діагностики ФС людини за допомогою визначення ЕШХ корпоральних мікрозон, розташованих на дистальних відділах верхніх і нижніх кінцівок людини. Він має кілька поширених модифікацій – Фолля, Накатані, ЦІТО [8, 186, 187], тобто вимірювання сухим або змочуваним електродом; за допомогою постійного або змінного струму [188]. Цей метод простий у виконанні та інтерпретації отриманих параметрів, але у загальноприйнятих правилах виконання має нестабільні результати.

Основою для відбору контрольованих МЗ явилися роботи А.І. Нечушкіна (метод «Стандартний вегетативний тест ЦІТО», рег. № 108 / 30 від 27.05.1977) [138, 139]. Автор описав знайдені на тілі людини методом вимірювання шкірного опору стабільні лінії з низькими значеннями опору і встановив, що ці лінії мають взаємозв'язок зі станом внутрішніх органів людини і достовірно змінюють свої електричні характеристики в залежності від зміни стану відповідних органів. Були знайдені окремі точки, зміни значень ЕШХ в яких прямо корелювали зі станом певної ФС організму.

Існує дві причини великого розкиду вимірюваних характеристик МЗ: метод вимірювання параметрів ЕШХ і спосіб обробки отриманих даних. Подолання таких перешкод може дати можливість використовувати метод вимірювання ЕШХ МЗ для експрес-оцінки змін ФС людини, яка працює в ЕС «людина-комп'ютер». У пристрої, що застосовується в методі, реєструється постійний

струм, що проходить через дану точку. Шкіра пацієнта має індивідуальні електричні властивості, що варіюють в залежності від його поточного функціонального стану та сухості шкіри.

На відміну метод Накатані [189] має апріорне припущення, що у здорового пацієнта електричні характеристики шкіри в усіх контрольних точках повинні мати аналогічні показники. Вимір параметрів контрольних точок робиться електродом, що змочується розчином електроліту. Це додає в сумарну електрошкірну провідність постійну величину, що є провідністю застосованого для цієї мети електролітичного розчину. Крім того, питома електропровідність розчинів електролітів із збільшенням температури зростає.

Наші вимірювання ЕШХ проводилися сухим електродом. Це дозволило уникнути похибок в реєстрованих даних, що можуть вноситися власною провідністю електролітичного розчину [85]. Оскільки опір не змоченої шкіри в акупунктурних точках у різних людей має розкид  $70 \div 300$  Ом, кожен вимір треба починати з калібрування шкали приладу, тобто адаптації вимірювальної шкали до властивостей шкіри кожної обстежуваної людини з метою отримати результати, що можна порівняти. Вимір фізичної величини провідності або опору шкіри потрібно замінити виміром відносних параметрів – відсотків від можливого максимуму каліброваної шкали.

Основною проблемою обґрунтування достовірності результатів досліджень ЕШХ МЗ є відсутність специфічної морфологічної структури таких утворень. Проведені дослідження ділянок шкіри зі знайденими в них низькоомними майданчиками не виявили будь-яких особливих клітинних структур, які могли б бути представлені як специфічні електричні провідники, або незвичайних клітинних утворень. Деякі автори відзначають відносно більшу кількість тучних клітин в МЗ у порівнянні з довільно взятими зразками шкіри, що не мають таких МЗ [60]. На тілі людини є велика кількість низькоомних в порівнянні з навколишньою шкірною поверхнею МЗ, але не всі з них є акупунктурними точками [180, 181]: «При незначних пошкодженнях епідермісу в місці травми опір шкірного покриву також знижується, але при відповідному

електропунктурному впливі на ці області неможливо вплинути на функціональний стан відповідних органів і систем організму».

Акупунктурні точки, що розташовані у МЗ, та їх об'єднання, звані «меридіанами», володіють особливими біофізичними властивостями. Відомим французьким класиком акупунктури професором Niboуe J.E.H. було встановлено [64], що: 1. В акупунктурних зонах завжди є точка найменшого електричного опору. 2. Ці точки постійно виявляються на симетричних частинах тіла з точністю до 1 мм. 3. Між двома точками одного і того ж «меридіана» опір електричному струму менше, ніж між однією з них і будь-якою іншою точкою шкірної поверхні.

Відмінність досліджень, що проводяться з використанням різних видів струму, полягає в тому, що при дослідженні електричних властивостей шкіри із застосуванням постійного струму будь-якої полярності не враховуються ємнісні властивості досліджуваних шкірних покривів, в той час як при дослідженні імпедансу ці складові частини загального шкірного опору вносять свій внесок у загальне значення опору, або провідності, шкірного покриву.

Електричний опір тіла людини лежить в діапазоні 1 -: - 100 кОм [61]. Повний опір тіла людини, Ом, змінному струму при будь-якій частоті виражається формулою:

$$Z_f = 2Z_k + R_{вн} \quad (2.1)$$

де  $Z_k$ - повний опір зовнішнього шару шкіри, Ом;  $R_{вн}$  - внутрішній опір, Ом.

При проведенні досліджень стану МЗ із застосуванням змінного струму враховуються електричні властивості зовнішнього шару шкіри. Його електрична ємність  $C$  пропорційна площі поверхні зіткнення шкіри  $S$  зі струмоведучою частиною й оберненопропорційна товщині рогового шару шкіри  $d$ .

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / d, \quad (2.2)$$

де  $\epsilon_0$  - електрична постійна, рівна  $8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф / м;  $\epsilon$  - безрозмірна величина, звана відносною діелектричною проникністю рогового шару шкіри, рівна 200-250. Визначається ефектом поляризації діелектриків під дією електричного поля.

Опір верхнього шару шкіри має ємнісні властивості, хоча володіє дуже малою індуктивністю. У показовому вигляді імпеданс шкіри може бути представлений формулою:

$$Z = ze^{i\varphi}, \quad (2.3)$$

де модуль  $z$ :

$$z = \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}; \quad (2.4)$$

аргумент:

$$\varphi = \arctg \frac{x_L - x_C}{r}, \quad (2.5)$$

$r$ ,  $x_L$  і  $x_C$  - відповідно активний, індуктивний і ємнісний опір ділянки шкіри. Модуль дорівнює повного опору, а аргумент - зрушенню фаз.

Для обліку вкладу ємнісної і індуктивної складових у загальний опір шкіри, на перший погляд, доцільно застосовувати метод вимірювання імпедансу. Але в роботі [60] показано, що при проведенні дослідження функціонального стану пацієнтів, коли вимірюваними параметрами були модуль ( $z$ ) і аргумент ( $\varphi$ ) імпедансу, виявлено, що зміни аргументу відбуваються хаотично і не мають чітко визначеної залежності зі зміною стану обстежуваного.

Зробимо висновок: діагностично значущі тільки вимірювання модуля  $z$ . Тобто в комплексному опорі  $Z$  показова тільки активна складова  $z$ , аналогічна опору  $R$  по постійному струму, а індуктивна та ємнісна складові лише вносять деякий шум в підсумкове значення опору. Тому переважними методами дослідження можна вважати методи із застосуванням постійного струму.

Нами застосовано підхід до виміру ЕШХ МЗ, побудований на відкритому нами «Явищі стабільності середніх значень» (А.с. № 56902 від 28.08.2014). Він відкидає припущення про рівність контрольованих параметрів ЕШХ. У такий спосіб усі отримані дані нормалізуються, що дозволяє їх порівнювати, знаходити адекватні статистичні характеристики і встановити статистично обґрунтовані діапазони допустимого розкиду значень, тобто встановити границі нормального ФС людини і його відхилення за межі норми, згідно параметрів ЕШХ МЗ.



Для обчислення вибірових характеристик відібрано лише статистично однорідні дані. Оскільки в такому методі кожна контрольна точка визначає стан кожного «меридіана» окремо, а однократне вимірювання параметрів не дає можливості створити статистично достовірний висновок про стан цього «меридіану», то для встановлення допустимих границь розкиду параметрів ЕШХ МЗ для кожної окремої МЗ накопичували результати вимірювань, що становитимуть собою статистично однорідний масив, у кількості, достатньої для проведення статистичних розрахунків, тобто первісний масив даних повинен мати не менше як 70, бажано більше 100, вимірів кожної точки.

Як і у будь-якому іншому методі функціональної діагностики, такі масиви даних створюються окремо для різних вікових і гендерних груп обстежуваних, тобто середнє значення для кожної окремої точки в кожній групі інше.

Довірчий інтервал, розрахований для кожної точки окремо, статистично достовірною шириною «коридору норми» для цієї МЗ.

При цьому немає підстав вважати, що в нормі всі середні значення досліджуваних МЗ повинні співпадати або мати лише невеликі відхилення від загального середнього значення, розрахованого для всіх вимірюваних МЗ разом, в кожній окремій віковій або гендерній групі, адже кожна точка репрезентує стан окремого меридіана або функціональної системи організму.

Оскільки розроблений підхід до збору, накопичення та використання даних відповідає вимогам їх коректного статистичного оброблення, діагностичний висновок, отриманий у такий спосіб, є статистично достовірним.

Порівнянність результатів вимірювань у різних учасників досягалася, по-перше, калібруванням шкали приладу перед кожним новим виміром, по-друге, реєстрацією відносних одиниць провідності МЗ [86]. Це необхідна процедура для встановлення кількісної відповідності між амплітудою зміни опору досліджуваного об'єкта і величиною реєстрованої за допомогою моста Уїтстона напруги.

Апріорно не передбачалося, що всі МЗ можуть мати або мають однакові значення провідності, або що вони всі повинні бути рівні в нормі.

Реєструючий прилад – аналоговий. Вимірювальна частина складається з точкового вимірювального і заземлюючого, індиферентного електродів. Індиферентний електрод, який під час вимірювання досліджуваній тримав затиснутим в руці, представляв собою порожнистий латунний циліндр із нанесеним скін-шаром срібла, довжиною 150 мм і діаметром 15 мм. Активний електрод – латунний посріблений закруглений на кінці щуп із площею торкання до шкіри 1 мм<sup>2</sup>. Сила притиснення електрода в МЗ дозувалася по реакції досліджуваного, щоб не було неприємних відчуттів у вигляді уколу або надлишкового тиску на електрод.

Час вимірювання в одній МЗ становив 1÷3 сек. Реєструвався максимум вимірювання [221, 222].

Порядок проведення вимірювань у контрольній та досліджуваній групі був однаковий. Кожна людина обстежувалась до початку і після закінчення заняття. Обстеження складалося у вимірі ЕШХ у всіх перерахованих МЗ спочатку правою, потім лівої сторони тіла. Результати заносилися в таблицю вимірювань.

При проведенні дослідження, людина повинна перебувати в спокійному стані, не приймати їжу, не пити рідину, не розмовляти з оточуючими [139].

Для проведення вимірювання обстежуваній сідає на дерев'яний (діелектричний, такий що не електризується, як пластмаса або синтетичні тканини) стілець, що знаходиться біля діелектричного дерев'яного столу, руки кладе на стіл спершу долонями вгору, для вимірювання частини МЗ, потім повертає долонями вниз, і вимірюються ЕШХ наступних МЗ [108].

Далі таке ж вимірювання проводиться на щиколотках. Пасивний електрод обстежуваній тримає в руці. Реєстрація ЕШХ МЗ виконувалася на негативній полярності постійного струму, напругою 9V, регульованою силою струму до 20 мікроампер [120].

Сумарно кожного досліджуваного було виміряно у 24 МЗ до початку і повторно в цих же 24 після закінчення кожного заняття (табл. 2.4).

## Комплекс контрольних мікрозон

№ з/п	Назва	Контрольована ФС	№	Назва	Контрольована ФС
1	P	«Легені»	7	RP	«Селезінка»
2	MC	«Перикард»	8	F	«Печінка»
3	C	«Серце»	9	R	«Нирки»
4	IG	«Тонкий кишківник»	10	V	«Сечовий міхур»
5	TR	«Ендокринна система»	11	VB	«Жовчний міхур»
6	GI	«Товстий кишківник»	12	E	«Шлунок»

У табл. 2.4 контрольні МЗ позначені так, як це прийнято у французькій класифікації, поширеній у світі, а назви функціональних систем носять умовний, архаїчний характер, як відображення історичного походження цього методу. Однак, це підтверджує високу виживаність методу, що пройшов через тисячоліття. Запис результатів проводився в таблицю формату Excel.

#### 2.2.3.1 Новизна запропонованих методів виміру та статистичного оброблення електрошкірних характеристик мікрозон

1. Застосування вимірів ЕШХ МЗ сухим електродом, що знижує похибку виміру, адже виключає можливість додавання паралельно підключеного резистора (електролітичного розчину) із набагато нижчим, ніж МЗ, рівнем опору.

2. Калібрування шкали вимірчого приладу перед початком вимірів для кожного нового учасника дослідження, що встановлює кількісну відповідність між амплітудою загальної зміни опору шкіри особи та величиною ЕШХ МЗ.

3. Реєстрація вимірних параметрів у відсотках до максимуму показань каліброваної шкали вимірювального приладу, що робить результати вимірів ЕШХ МЗ кожної особи придатними для порівняння з іншими.

4. Представлення такими, що належать до однієї сукупності даних, накопичених результатів вимірів ЕШХ, що відносяться до кожної певної МЗ, а не до кожної особи. Дозволяє використовувати статистичні методи оброблення до однорідних сукупностей даних, обчислювати вибіркові характеристики для таких сукупностей, і таким чином визначити: припустимі середні значення, статистично обґрунтований розкид параметрів кожної МЗ.

Застосований у дослідженні метод вимірювання ЕШХ МЗ та статистичної обробки даних дозволив отримати стійкі результати вимірювань. Для перевірки його достовірності, проведено численні вимірювання ЕШХ МЗ студентів у навчальних групах під час занять у комп'ютерних класах. Серії вимірювань охоплювали всі сезони року, різну температуру повітря і стан атмосфери. Всі серії вимірювань показують стійкий взаємний розподіл середніх значень ЕШХ МЗ. Це спостерігається і в гендерних групах, і в сезонних вимірах. У кожному сезоні середні значення ЕШХ МЗ дівчат стабільно нижче середніх значень юнаків. У всі сезони ділянки графіків, що зображують середні значення ЕШХ МЗ правої сторони тіла, завжди подібні аналогічним ділянкам лівого боку, і всі узагальнені графіки подібні один одному.

Маючи на увазі сталість, нехаотичність взаємного відносного розподілу середніх значень ЕШХ МЗ, можна припустити, що МЗ дійсно існують; кожна з них володіє певними інформативними параметрами (як зубці ЕКГ) і є функціональними відображеннями шкірно-вісцеральних зв'язків. Можливо, мова йде про ще одну регуляторну систему організму [148].

Обраховані у такий спосіб статистичні параметри для кожної окремої МЗ дозволять визначити наявність або відсутність змін стану кожної певної ФС організму окремо, і визначити ФС, що найбільш піддаються навантаженню у ЕНС [120]. При наявності протоколів передачі телеметричної інформації в Україні, з точки зору авторів, цей метод придатний для телеметрії про стан здоров'я осіб.

#### 2.2.4. Тест ситуативної та особистісної тривожності Спілбергера-Ханіна

Вивчення особливостей функціонування центральної нервової системи – провідної системи адаптації до факторів середовища – дозволяє оцінити вплив психологічного стану осіб, які навчаються, на кінцевий результат їх праці і прогнозувати можливі зміни ФС під впливом ЕНС.

Визначення психічних станів учасників проводилося за допомогою тесту ситуативної та особистісної тривожності «Шкала самооцінки Спілбергера-Ханіна» [111, 114].

Тест проводився у вигляді письмового опитування за існуючою формою, що складається з двох частин, кожна включає 20 запитань щодо самооцінки людиною її настрою та спокою безпосередньо у момент проведення опитування. Перша частина тесту дозволяє оцінити рівень ситуативної тривожності особи, друга – особистісної. Відповідь полягає у виборі одного з чотирьох запропонованих варіантів: «ні», «скоріше, ні», «скоріше, так» або «точно так»; «ніколи», «іноді», «часто», «завжди». Очікувані відповіді мають стверджувальний («прямий»), і спростовуючий («негативний») характер. Бал, отриманий опитуваною людиною за відповідь, – це зазначений нею номер відповіді, від 1 до 4.

«Прямі питання»: 3, 4, 6, 7, 9, 12, 14, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 40.

«Негативні питання»: 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19, 20, 21, 26, 27, 30, 33, 36, 39.

Оброблення й інтерпретація результатів проводиться по кожній частині запитань окремо із визначенням «прямих» і «зворотних». Підсумовується кількість балів, отриманих на «прямі» питання, від суми віднімаються бали, отримані на «зворотні» запитання, і додається число 50:

$$T_c = П - Н + 50, \quad (2.6)$$

де:  $T_c$  - тривожність як стан (ситуативна);  $П$  - сума балів, отриманих на «прямі» питання;  $Н$  - сума балів, отриманих на «негативні» питання.

Величина 41 і нижче свідчить про низьку тривожність; 41-45 - помірна тривожність; 46 і вище - висока ситуативна тривожність особи [85, 106].

Друга частина тесту підсумовується так само. Підрахуємо бали в другій шкалі (20-40-е питання). Результат отримуємо за формулою:

$$T_o = П - Н + 35. \quad (2.7)$$

Величина, менша 35, свідчить про високу емоційну стабільність і, отже, низьку особистісну тривожність. 35-44 - показник середнього рівня тривожності. Якщо отриманий результат вище 44, мова йде про високу тривожність особистості (табл. 2.5) [113].

Таблиця 2.5

### Відповідність рівнів тривожності за тестом Спілбергера – Ханіна

Рівні тривожності	Ситуативна тривожність, бали	Особистісна тривожність, бали	Інтерпретація рівня тривожності
1	<41	<35	Низька
2	41÷45	35÷44	Середня
3	>45	>44	Висока

Підсумком проведення тестування особи за допомогою опитувальника Спілбергера-Ханіна є визначення особистісної і ситуативної тривожності опитаного, з подальшим віднесенням результату до одного з трьох можливих рівнів тривожності: низького, середнього або високого [106].

## 2.3. Етапи дослідження та аналіз результатів

### 2.3.1. Хід та умови проведення першого етапу дослідження

Для обґрунтування придатності обраного методу ЕШХ визначення відносних змін ФС людини при його роботі в ЕС «людина – комп'ютер», необхідно було встановити, що така зміна ФС взагалі має місце.

З цією метою, на першому етапі, проведено дослідження порівняльних вимірювань ЕШХ МЗ у студентів, які знаходяться на занятті в класі з ЕНС і в класі без такої.

Вимірювання ЕШХ МЗ проводилися за участі однієї і тієї ж групи студентів, які займаються в однаковий час доби в різних за характеристиками класах. Отримані в результаті такої постановки дослідження дані є пов'язаними вибірками, оскільки спостереження здійснено над одними і тими ж суб'єктами.

Дослідження складалося з двох етапів вимірювань, що виконувалися до початку навчального 4-годинного заняття в комп'ютерному та звичайному класі та по його закінченню.

Перед початком заняття, фахівець з функціональної діагностики проводив вимірювання ЕШХ МЗ за описаною методикою. Результати на паперовий носій заносив лаборант кафедри. Після вимірів студенти починали класну роботу відповідно до умов заняття, що відбувалося в класі з ЕНС або без такої.

Заняття, що виступало в ролі робочого навантаження в даному дослідженні, включало в себе: ознайомлення з теоретичним матеріалом і завданням на практичну роботу; виконання практичної роботи; підсумкове оцінювання за теоретичними знанням і практичними навиками, що отримані на занятті. Після закінчення навчального процесу, етапи вимірювання ЕШХ МЗ повторювались.

Отже, створювалася база даних, придатних для подальшого статистичного оброблення.

### 2.3.2. Хід та умови проведення другого етапу дослідження

На другому етапі дослідження, що проводився тільки в ЕНС, план проведення, окрім вимірів ЕШХ МЗ, був доповнений методами визначення функціонального стану людини, – ВСП і РВГ, та оцінюванням особистісної та ситуативної тривожності учасників дослідження за допомогою тесту Спілбергера-Ханіна. Перед початком заняття, студенти відповідали на запитання теста.

Потім виконувався первинний запис ВСР, РВГ і вимір ЕШХ МЗ за описаною методикою. Послідовність вимірювань: вимірювання ЕШХ МЗ, реєстрація ВСР, реєстрація РВГ. Наприкінці заняття, реєстрація параметрів ФС студента в тій самій послідовності повторювалася.

Після вимірів, студент починав роботу в ЕНС: засвоєння теоретичного матеріалу, виконання програми навчального заняття, відповідати на запитання підсумкового тестування.

Всі отримані у такі способи дані заносилися у відповідні бази даних: результати контролю ВСР і РВГ – у електронні бази даних, створювані комп'ютером приладів «Кардіолаб» та «РеоКом», результати вимірів ЕШХ МЗ та тестування за методом Спілбергера-Ханіна – у відповідні таблиці формату Excel. Обчислення розрахункових параметрів ВСР і РВГ виконували відповідні програми. Розрахунок рівнів ситуаційної і особистісної тривожності здійснювався за допомогою визначених формул.

На цьому реєстрація параметрів ФСт учасників дослідження закінчувалася.

### 2.3.3. Пропозиції з удосконалення методики знімання інформативних показників електрошкірних характеристик

Відомо, що на тілі людини існує окрема система акупунктурних точок, так званих аурикулярних. Вона розташована на вушних раковинах, симетрично на правому і лівому вусі, відомі та описані їх вісцеральні зв'язки з внутрішніми органами. Оскільки система дуже компактна, вплив на аурикулярні точки вважається хорошим терапевтичним методом при лікуванні багатьох захворювань. За даними деяких авторів [20, 180, 181] ця система також результативна при проведенні діагностичних заходів електропунктурними методами. ЕШХ аурикулярних точок чутливі до змін функціонального і фізичного стану людини.

Використання корпоральних точок для діагностики стану здоров'я людини відомо давно. Були різноманітні спроби використовувати ці точки в якості місць



довготривалого розміщення вимірювальних електродів для контролю за зміною стану людини шляхом вимірювання їх ЕШХ. В умовах кабінетів функціональної діагностики, їх використання зручне, але для динамічного спостереження за зміною стану людини це призведе до утруднення діяльності досліджуваного та непродуктивної трати часу. Точність таких вимірів може бути недостатня.

Розроблено блок-схему телеметричного пристрою вимірювання ЕШХ аурикулярних МЗ (АМЗ) [14]. При розміщенні електродів на вусі людини вони не зашкоджують діяльності людини, адже залишають вільними і ноги, і руки, не заважають рухатися. Аурикулярні точки в усіх людей топологічно розташовані в одних і тих же ділянках вушних раковин, але форма і розмір вух у всіх різні.

Для кожної контрольованої людини з в'язкого медичного силікону, що застосовується для виготовлення медичних виробів (катетерів, трубочок), виготовляються індивідуальні «навушники» з фіксатором, подібним до кліпси, в яких закріплюються відповідним чином розташовані вимірювальні електроди. Їх можна легко знімати й одягати, не порушуючи розстановки електродів. Всі складові пристрою, включаючи реєструючий блок і джерело постійного струму, кріпляться на пластмасовий обруч, що одягається на голову.

Послідовність подачі вимірювального сигналу на електроди може задаватися програмно, результати вимірювань зберігаються в ПЗП вимірювального блоку і переносяться на комп'ютер через USB- з'єднання або Bluetooth. Отже, можна реєструвати ЕШХ АМЗ, не відволікаючи досліджуваного від його діяльності. Постійний невідволікаючий контроль за поточним ФС людини, яка працює в умовах високої відповідальності за прийняті рішення дозволить своєчасно визначити серйозні або критичні зміни в її стані здоров'я, що можуть перешкодити людині діяти з повною відповідальністю і вчасно або змусити її відпочивати, щоб параметри ФС повернулися до вихідних рівнів, або замінити її іншою, не такою втомленою, людиною.

### 2.3.4. Аналіз результатів за допомогою методів математичної статистики

Статистична обробка даних проводилася з використанням адекватних кожному етапу роботи методів оброблення досліджуваного матеріалу із застосуванням статистичних пакетів прикладних програм Statistica 6.0 [140] та MS Excel, що включають в себе різні алгоритми статистичного аналізу, параметричних і непараметричних порівнянь статистичних сукупностей.

Для статистичного оброблення результатів досліджень застосовано такі методи математичної статистики: описова статистика, критерії парних і множинних порівнянь, кластерний аналіз тощо.

Рандомізацію відбору волонтерів виконано за допомогою таблиць випадкових чисел, потім довільним чином розподілено в групи до різних викладачів кафедр, у різні за своєю оснащеностю комп'ютерні класи (на кафедрі токсикології всі навчальні класи оснащено однаково).

Для визначення мінімальної кількості учасників дослідження, застосовувалися методи варіаційної статистики. Розрахований параметр дисперсії було використано для підрахунку рекомендованого обсягу вибірки за формулою М. Бланд (2.1) [38, 71, 140].

$$n = \frac{f(\alpha, P) \cdot S^2}{DIFF^2}, \quad (2.8)$$

де  $S^2$  – дисперсія ознаки, що аналізується,  $DIFF$  – значення ефекту (очікуваний приріст академічної успішності студентів (не менше ніж 0,5 бали, або 10 %)),  $f(\alpha, P)$  – функція двох параметрів: рівня значимості та потужності.

Для медико-біологічних досліджень функція  $f(\alpha, P)$  має відображення:

$$f(\alpha, P) = 2 \cdot (A + B)^2, \quad (2.9)$$

де  $A$  – константа, що залежить від рівня значимості,  $B$  – константа, що залежить від потужності критерію.

Як правило, рівень значимості обирається рівним 5 % ( $A=1,96$ ), потужність – 80 % ( $B = 0,84$ ).

Відповідно до формули 2.1, мінімальна кількість спостережень, результати статистичного аналізу для котрої можуть бути розповсюджені на всю сукупність спостережень, дорівнює 30. Накопичили загалом 157 учасників дослідження. Збільшення кількості досліджень є способом зменшити випадкові помилки. Висновки, що їх можна отримати у такий спосіб, мають більшу практичну значущість, отже можуть ігнорувати локальні особливості прояву змін ФС окремих осіб.

Обов'язковим етапом оброблення результатів була перевірка відмінності закону розподілу випадкових величин, що вивчаються від нормального шляхом утвердження або відкидання нульової гіпотези за критерієм Шапіро-Уїлкса (у разі малих вибірок), Вілкоксона, критерію знаків або  $\chi$ -квадрат (що застосовується у разі об'єму вибірок  $n > 30$ ) [112, 140]. У разі відхилення емпіричного закону розподілу від нормального, використовувалися непараметричні методи аналізу.

При порівнянні вибірок використовувалися параметричні або непараметричні критерії; відповідно застосовувалися критерії порівняння пов'язаних і непов'язаних вибірок.

Для виділення істотних ознак, застосовувались відповідні методи статистичного аналізу отриманих даних. Багатофакторний аналіз дозволяє перевірити вплив декількох факторів на залежну змінну, тому при порівнянні трьох або більше груп були використані методи множинних порівнянь [95]: метод ANOVA (у разі нормального закону розподілу); метод множинних порівнянь Фрідмана.

Визначення коефіцієнта конкордації експертів за формулою рангової кореляції, що за відсутності рівних рангів являє [112]:

$$W = \frac{12}{m^2(n^3 - n)} \sum_{j=1}^n d_j^2, \quad (2.10)$$

де  $j=1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – кількість напрямів досліджень,  $m$  – кількість експертів,  $d_j$  – відхилення суми рангів за  $j$ -напрямом досліджень від середнього арифметичного сум рангів за  $n$ -напрямами досліджень.

За наявності однакових експертних рангів попередня формула набуває такого вигляду:

$$W = \frac{12}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} \sum_{j=1}^n d_j^2, \text{ де } T_i = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l), \quad (2.11)$$

$T_i$  – показник рівних (пов’язаних) рангів,  $L$  – число груп рівних рангів в оцінках  $i$ -го експерта;  $l = 1, 2, \dots, L$ ;  $t_l$  – число рівних рангів у  $l$ -й групі.

При  $W$ , близькому до 0, можна зробити висновок про низький рівень узгодженості думок експертів, при наближенні значення коефіцієнта до 1 – про велику узгодженість думок. Визначення статистичної значущості показника узгодженості думок експертів проходило із використанням критерію Пірсона  $\chi^2 = (n-1) * m$ . Для досягнення цієї мети задавали деякий рівень значущості  $p$ , і чим він був нижчим, тим більшою була можливість того, що є не випадкова узгодженість думок групи експертів. За відповідними статистичними таблицями для ступенів свободи  $\nu = n-1$  знаходили найближчі за похибкою до розрахованого  $\chi^2$  його значення та визначали рівень значущості  $p$ .

Для статистичного оброблення результатів виміру ЕШХ МЗ застосовано правило статистичної однорідності. Тобто, всі параметри, для яких обчислювалися вибіркові характеристики, повинні виходити з однієї сукупності. Узагальнюючим чинником що створював сукупність вимірів ЕШХ МЗ була кожна певна МЗ.

При статистичному обробленні ЕШХ МЗ додатково використали метод аналогії як для електрокардіограм, коли вимірюваний параметр лише один – вольтаж, але кожний зубчик кривої відображає стан окремої ділянки серця. В такий самий спосіб розраховували вибіркові характеристики не для кожної окремої досліджуваної людини, а для кожної контрольованої мікрозони, адже цими вимірами визначалася не середня провідність шкіри учасника, а середнє значення, властиве даній вимірюваній МЗ. Середнє значення, обчислене для всіх вимірних МЗ однієї особи за одне обстеження, не має статистичного сенсу, тому що підсумовані дані виходять з різних сукупностей.

Для аналізу сили зв'язку між ознаками використовувалися методи кореляційного і кластерного аналізу [112]. Для перевірки сили кореляційного зв'язку в нормально розподілених даних застосовувався розрахунок лінійного коефіцієнта кореляції. Для ненормально розподілених використані його непараметричні аналоги - розрахунок коефіцієнта рангової кореляції Спірмена, та Кендала (тау коефіцієнт); для значень, що часто повторюються – коефіцієнт кореляції Гамма.

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена дозволив визначити фактичний ступінь узгодженості між двома кількісними рядами досліджуваних ознак і оцінити щільність зв'язку за допомогою кількісно вираженого коефіцієнта:

$$r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (2.12)$$

де  $\sum d^2$  - сума квадратів різниць рангів, а  $n$  - число парних спостережень. Коефіцієнт Спірмена не потребує припущень щодо виду розподілу даних.

Коефіцієнт рангової кореляції Кендала обчислювали за формулою:

$$\tau = \frac{P(p) - P(q)}{N \frac{(N-1)}{2}}, \quad (2.13)$$

де  $P(p)$  - число збігів,  $P(q)$  - число інверсій,  $N$  - обсяг вибірки.

Інтерпретація результатів обчислення коефіцієнт рангової кореляції Кендала визначається як різниця ймовірностей збігів і інверсії в рангах.

Кластерний аналіз даних проведено методом « $k$  найближчих середніх». Мірою відстані був визначений « $1-r$ », де  $r$  - коефіцієнт кореляції.

Кластерний аналіз це багатовимірна статистична процедура, що впорядковує об'єкти в порівняно однорідні групи. Використані в роботі методи кластеризації мають дві фундаментальні вимоги до даних: статистична однорідність і повнота. Однорідність вимагає, щоб усі об'єкти кластеризації були однієї природи, й описувалися подібним набором характеристик.

У всіх випадках рівень значущості приймався на рівні 0,05.

## Висновки до розділу.

1. З метою вирішення поставлених у роботі завдань були використані методи, які дозволили провести комплексне обстеження для розробки моделі кількісної оцінки ФСт людини в ЕНС.

2. Обрані методи визначення ФС людини у ЕНС, комплекс яких являє собою модель системи автоматизованого контролю ФСт, дозволили описати ФСт та його зміни у ЕНС.

3. Методи математичної статистичної обробки даних визначені для вирішення задач узагальнення результатів та отримання прогнозів змін ФСт у ЕНС.

4. Запропоновано статистично несуперечливий метод обробки даних ЕШХ МЗ, що дає можливість визначити зміни ФСт особи у ЕНС окремо по певних ФС.

Основні положення розділу опубліковано в таких наукових працях автора: [10, 19, 62, 78, 79, 91, 125, 134, 150].

## РОЗДІЛ 3

## МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ В УМОВАХ РОБОТИ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ЕРГАТИЧНІЙ СИСТЕМІ

## 3.1. Моделювання ергатичної навчальної системи «людина – комп'ютер»

З поширенням комп'ютерів, зі зростанням їх ролі в усіх сферах діяльності людей, змінилися умови, в яких проходить навчання. Комп'ютери та комп'ютерні системи створюють для суб'єктів навчання певне кібернетичне середовище. Тому для встановлення ролі людини в ньому та можливого впливу системи в процесі навчання необхідно розробити модель ергатичної системи.

Під моделлю ергатичної системи «особа – комп'ютер» розумітимемо формалізований опис процесу послідовних змін станів суб'єкту навчання, що відбуваються при контрольованих і неконтрольованих управляючих впливах при роботі в ергатичному, тобто людинно-машинному, навчальному середовищі.

Системи, елементи яких включають людей і технічні об'єкти різного походження, називаються ергатичними [79]. Система «людина – техніка» – основний об'єкт досліджень ергономіки.

ЕС відносяться до об'єктів, властивості яких формуються в результаті взаємодії складних різноякісних систем фізичної і біологічної природи. ЕС утворює організацію, існуючу за принципом ієрархічності [80]. Система нижчого порядку вбудована в систему більш високого порядку визначає процеси, що протікають у ній; цілеспрямованості. Мета системи визначає діяльність; кожен елемент системи підпорядкований загальній цільовій функції; кожен елемент впливає на всі інші елементи; вихідні ефекти окремих елементів системи перетворюються у вихідні ефекти системи.

Будучи комунікаційним середовищем, комп'ютерна ЕС дає можливість його користувачам вступати в найрізноманітніші відносини один із одним, у тому числі і відносини «вчитель – учень», що веде до появи навчального ергатичного середовища (ЕНС) [83]. Це частина соціокультурного простору, де

взаємодіють різні освітні процеси, суб'єкти, технічні, інформаційні засоби, сукупність умов і можливостей, що впливають на функціональне та просторове об'єднання суб'єктів освіти, між якими встановлюються групові взаємозв'язки і реалізуються їх особистісні та професійні потреби, інтереси і здібності [78]. Відповідно можемо визначати ЕНС професійної освітньої організації як складну систему «людина – технічні засоби – оточуюче середовище – соціум – культура», що включає студентів, викладачів, працівників, технічні засоби, зокрема комп'ютери, соціальне оточення [80].

Навчання майбутніх спеціалістів відбувається у комп'ютерному навчальному середовищі, що доповнюється елементами віртуальної реальності («імерсивна та інтерактивна імітація реалістичних і вигаданих середовищ, куди занурюється і з якими взаємодіє людина» [53]). Інтеграція користувача з ЕНС відбувається на когнітивному рівні. Формою управління, взаємодії користувача з елементами середовища є пристрої вводу-виводу, наявні в елементів ЕНС.

Вирішальне значення для навчання в штучних середовищах людської діяльності, в тому числі в ергатичному комп'ютерному середовищі, грають феномени конструюючої активності свідомості. Навчання людини проходить через рефлексивні та діяльні мережеві процедури, що формуються в дійсності і що протікають у реальності [86]. Виникає суб'єктно-об'єктне ЕНС у вигляді мережевої саморегульованої системи [98].

ЕНС як система являє собою цілісний комплекс взаємопов'язаних взаємодіючих елементів [71].

Людина, яка навчається в ЕНС також є її елементом [93]. Взаємодія між людиною та технічними засобами ЕНС відбувається опосередковано через інтерфейс. Інтерфейси сучасних комп'ютерів, гаджетів, що спрямовані на інтуїтивну зрозумілість, дають велику швидкість доступу до інформаційних ресурсів всесвітньої мережі Інтернет, можливість безперешкодного спілкування людини з будь-яким абонентом, створює ілюзію міжособистісного спілкування, робить ці технічні засоби елементом ергатичних систем, що оточують людину не лише на робочому місці, але й в приватному житті особи [94, 101].



Інтерфейс ЕНС, що доступний користувачам комп'ютерів і мобільних комп'ютерних пристроїв, сприймається ними як сукупність сервісів, що занурюють користувача в свій зміст віртуального світу. Інтерфейс є інтерактивним, пов'язуючи та залучаючи користувача в динамічний зміст, що представляє собою середовище, що самоорганізується [103]. Цим ЕНС якісно відрізняються від звичних джерел інформації, таких як книга, кіно, телебачення.

Можна говорити про виникнення за дуже короткий час глобальної мережі збереження, передавання, оброблення та породження інформації, що набуває властивостей соціального комунікаційного інформаційно-керуючого середовища, яке залучає в сферу своєї еволюції і впливу практично все людство в усіх сферах і формах його життєдіяльності [104]. В [101] стверджується, що відбувається «кoeволюція» технічних і біологічних ланок ЕНС; отже необхідні дослідження коеволюційних зрушень, «тобто таких, що уточнюють шляхи їх спільного сполученого розвитку з урахуванням взаємних селективних вимог». Розглядаються питання виникнення метасистеми, або ЕС «людина – комп'ютер», і можливі ризики, що виникають в ході еволюції такої ЕС.

За даними анкетування, проведеного серед студентів медичного університету, суб'єкти навчання проводять в Інтернеті, а отже, в спілкуванні через інтерфейс ЕС, у середньому 8 годин на добу (дод. Г1). 25 % опитаних взагалі ніколи не виходять з мережі, не переривають свого спілкування з комп'ютерною технікою [19]. Аналогічні дані наводять дослідники з інших країн [209, 210]. Дружній інтерфейс мобільних пристроїв дає можливість створити так звану доповнену реальність [210, 213] (створювану з використанням «доповнених» за допомогою комп'ютера елементів сприйняття реальності). Спостерігається й якісна зміна змісту та виду переданої інформації, підвищення її наочності, віртуальності і природності для суб'єктів, що занурюються в неї [103, 143, 144].

Технології доповненої реальності застосовуються у якості інструменту притягування уваги можливих клієнтів у сучасних маркетингових розробках-додатках до мобільних пристроїв [104, 217]. Змінюється методологія соціалізації

людини у суспільство, й також змінюється саме суспільство, невід'ємною частиною якого тепер стає інформаційне середовище, з притаманними йому правилами спілкування, що відбувається через взаємодію з інтерфейсом комп'ютерних пристроїв, гаджетів [216]. Отже, навколишнє середовище, що є частиною ЕС, також змінюється під впливом інших частин ЕС – технічних пристроїв, що провадять інформаційні потоки, людей, які користуються цими пристроями і поглинають ці інформаційні потоки. Очевидно, що людина, яка також виступає в ролі частини ЕС, поступово потерпає від впливу іншої частки ЕС – оточуючого середовища, технічних і програмних засобів ЕС [219, 220].

У осіб складається певний емоційний зв'язок з комп'ютером чи гаджетом [143, 215]. Як фактор впливу на людину в ЕС чи ЕНС розглядається не тільки обмеження рухової активності, довготривале спостереження за подіями на моніторі, статична поза и розумове навантаження, але й специфічні фактори взаємодії людини з віртуальним інформаційно-комп'ютерним середовищем. Загалом це впливає на ФСт, складаючи специфічний ефект впливу [208, 209].

Оскільки особа, яка навчається в ЕНС, є елементом цієї ергатичної системи, а кожен елемент системи може виступати як окрема система [61], то ФСт особи, яка навчається в ЕНС є також елементом ЕНС. Він складає так званий «людський чинник» ЕНС, від якого також залежить кінцевий результат роботи.

Динаміка та рівні функціональних показників, параметри, що використовуються для визначення функціонального стану людини, яка працює, дозволяють оцінити ступінь його змінення в процесі виконання поставленого перед особою завдання [71, 89].

### 3.2. Визначення функціонального стану людини та функціональних систем організму

Засновник теорії функціональних систем П. К. Анохін розглядав їх як методологічний принцип організації процесів життєдіяльності [168]. Судаковим К. В. сформульовано принципово нове положення про функціональні системи як

об'єктивну реальність [109]. Він розглядає цілісні організми як сукупність безлічі складаючих їх саморегулюючих функціональних систем молекулярного, гомеостатичного, поведінкового рівнів в їх тісних взаємозв'язках, самостворюваних для вирішення певних задач [110].

Отже, системоутворюючим фактором будь-якої системи є результат дії.

У медицині, фізіології, психології, педагогіці надзвичайно актуальною є проблема визначення кількісного оцінювання контрольованих параметрів ФСт людини, що пов'язано з рішенням питання про можливість виконання конкретного виду діяльності перебуваючи в певному функціональному стані. Дотепер не розроблені теоретичні основи й методи, що дозволяють проводити комплексну кількісне оцінювання та прогнозування станів у процесі діяльності.

Оскільки існують різні уявлення про поняття функціонального стану, то існують і різні погляди на рівні функціонування організму (фізіологічний, психічний, поведінковий), що слід вивчати й оцінювати, виконуючи діагностику функціонального стану людини, яка перебуває в ЕНС. Вважаємо, що визначення стану людини має бути комплексним з обов'язковим оцінюванням взаємодії різних функціональних систем у процесі діяльності [162].

Класифікації ФСт будуються на основі різних критеріїв. Виділяють оптимальні та неоптимальні види ФСт; дозволені й заборонені; гострі, хронічні та прикордонні. До числа основних якісно специфічних класів ФСт належать стани оптимальної працездатності, стомлення, монотонії, різні форми фізіологічного та психологічного стресу, екстремальні стани [109].

У психофізіологічних і психологічних дослідженнях суб'єкта праці спочатку мова йшла про функціональний стан центральної нервової системи, в першу чергу таких її відділів, як ретикулярна формація і лімбічна система [103]. Під функціональним станом нервової системи розуміється тло, або рівень активації, нервової системи, на якому реалізуються ті чи інші поведінкові акти людини [171]. Даний показник є сукупною інтегральною характеристикою роботи мозку, що позначає загальний стан безлічі його структур. Реалізація психологічного підходу до трактування ФСт ґрунтується на принципах

системно-структурного аналізу, в якому виділяються основні рівні ФСт: поведінковий, психофізіологічний, психологічного забезпечення діяльності і суб'єктивно-рефлексивний. Відповідно до цього, виділяються основні групи діагностичних засобів і методів, використовуваних для оцінки ФСт [1, 83].

Вибір способів оцінювання ФСт залежить від завдань дослідження й умов його проведення. Одним із основних завдань нашого дослідження є створення способу контролю поточного ФСт людини, яка перебуває в ЕС, тому способи оцінювання мають бути такими, щоб не заважаючи особі працювати була можливість проводити контроль ФСт цієї особи, вважаючи кожен контрольований параметр водночас елементом ЕС [109].

Основні системні принципи побудови цілого організму: ієрархічне домінування, мультипараметрична і послідовна взаємодія [168].

Взаємовідносини ФС в організмі будуються на основі ієрархії результатів їх діяльності. У кожен даний момент часу діяльністю організму заволодіває провідна в біологічному або соціальному плані функціональна система. Інші функціональні системи забезпечують діяльність домінуючої або гальмуються. Після задоволення провідної потреби діяльність організму визначає інша потреба, що будує домінуючу ФС тощо. При цьому домінування ФС у кожен момент часу визначається життєвою значущістю потреб, що лежать в їх основі, для адаптації до зовнішнього середовища [137, 142].

Послідовна взаємодія визначає взаємозв'язок функціональних систем у часі, коли результат діяльності однієї функціональної системи визначає початкові параметри діяльності наступної тощо. Теорія ФС дозволила нормальний стан людини розглядати як злагоджену взаємодію складових. Вона виділяє чотири типи систем: морфофункціональні, гомеостатичні, нейродинамічні, психофізіологічні (рис. 3.1). Морфофункціональні системи пов'язані з діяльністю певних функцій: опорно-руховий апарат, серцево-судинна, дихальна, ендокринна, нервова системи, клітини, органи, молекули. Гомеостатичні функціональні системи включають підкоркові утворення, вегетативну нервову та інші системи організму.

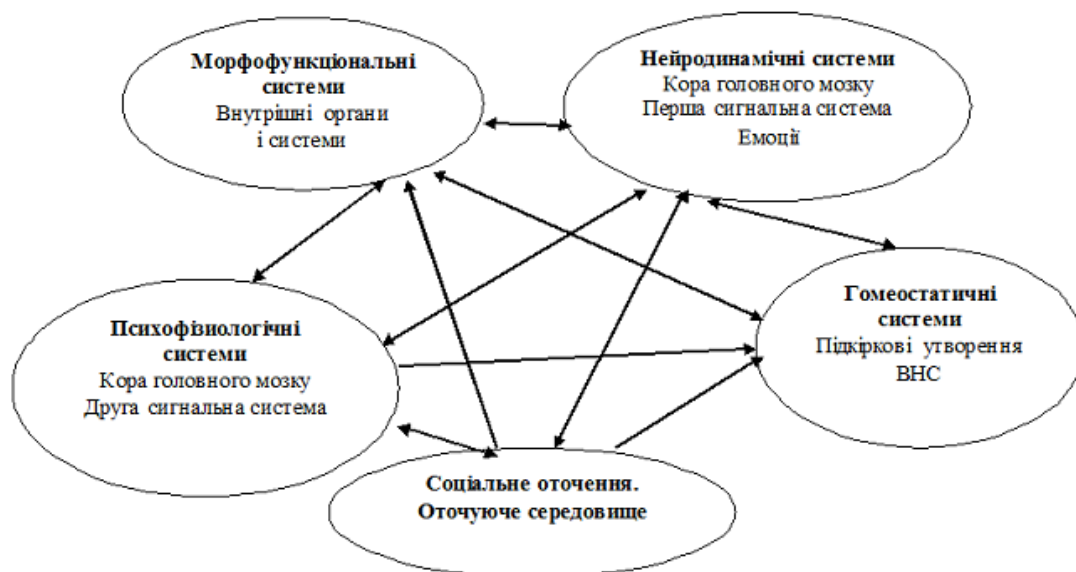


Рис. 3.1. Складові функціонального стану людини та їх взаємозв'язок [54]

Гомеостатичні системи тісно взаємодіють з морфофункціональними, що вписуються в них окремими елементами. Нейродинамічні системи в якості ведучого структурного елемента мають кору головного мозку, а саме першу сигнальну систему. У рамках цієї системи формується апарат емоцій як механізм оптимізації функцій організму і поведінки в умовах взаємодії організму і навколишнього середовища. Розвиток кори розширив адаптивні можливості організму, підпорядковуючи собі вегетативні функції. Нейродинамічні системи включають в себе елементи гомеостатичної і морфофункціональної систем. Психофізіологічні ФС, як і нейродинамічні, провідним структурним елементом мають кору головного мозку, саме ті її відділи, що пов'язані з другою сигнальною системою. Друга сигнальна система удосконалила механізми адаптивної поведінки за рахунок формування соціальних форм адаптації. Психофізіологічні функціональні системи реалізують свою діяльність через вегетативну нервову систему, і за допомогою емоцій, морфологічною основою яких є підкіркові структури [162].

Вегетативна нервова система (ВНС) – багатоконтурна багаторівнева ієрархічна система, в структурі якої виділяють три рівні: 1. Сегментарний

апарат. 2. Стовбурові центри. 3. Структури проміжного та кінцевого мозку - вищий регуляторний рівень, що контролює діяльність стовбурових і сегментарних центрів і, таким чином, забезпечує створення і підтримку певного функціонального стану відповідно до завдань поточної діяльності.

ФСт особи може змінюватись під дією внутрішніх і зовнішніх впливів. Соціальне оточення людини в ЕНС, оточуюче середовище ЕНС здатні впливати на емоційний стан особи. Через деякий час будь-яка робота призводить до втоми (симптомокомплексу, що характеризується почуттям слабкості, млявості, безсилля, відчуттям фізичного і психічного дискомфорту, поєднується зі зниженням працездатності, втратою інтересу до роботи і погіршенням якості життя в цілому) [163, 165]. Наряду з мотивацією, з погляду на ефективність виконуваної роботи, втома, впливаючи на певні структури ЦНС, знижує продуктивність праці; ЕНС починає працювати з перенавантаженням, потребуючи більших зусиль від своєї людської ланки, погіршуючи кінцевий результат (рис. 3.2).

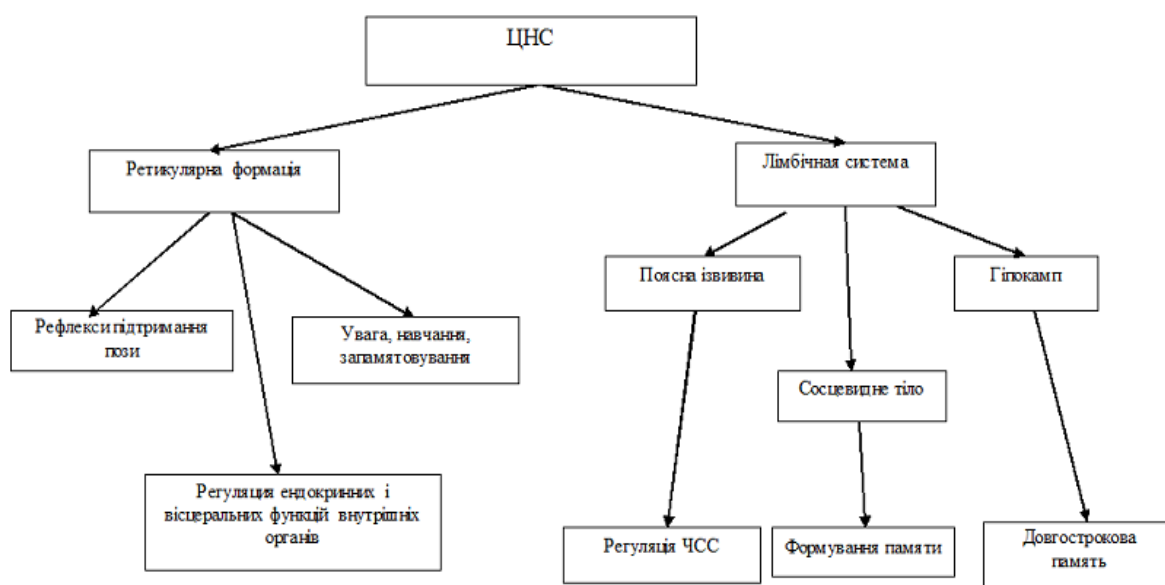


Рис. 3.2 Елементи ЦНС, що приймають участь у функціонуванні психофізіологічних функціональних систем [105]

Будь-яка ФС має кібернетичні властивості [105, 168]: постійна оцінка за допомогою зворотної аферентації стану результату діяльності функціональної

системи (зворотний зв'язок по Н. Вінеру); регуляція по збуренню; інформаційне наповнення.

Діяльність ФС спрямована на досягнення окремою людиною або співтовариством людей у зовнішньому середовищі біологічних або соціальних результатів, також здійснюється на основі саморегуляції. У цьому випадку поведінка визначається вихідною потребою індивідів або співтовариств, а досягнуті результати діяльності на основі зворотної аферентації за принципом саморегуляції постійно оцінюються з точки зору її задоволення. У здійсненні поведінкової діяльності людини включаються в динамічній взаємодії функціональні системи гомеостатичного й метаболічного рівнів.

Зміни ФСт в часі можуть відбуватися або протягом довготривалого терміну повільно, або в короткий період часу; або залишаючись у межах задовільного стану, або виходячи за них [167]. Визначення поточних параметрів ФС потрібно, щоб встановити межі працездатного стану людини, в якому вона може ефективно виконувати будь-яку зазначену діяльність, не завдаючи шкоди своєму здоров'ю. Це насамперед важливо для осіб, які навчаються, адже вони у переважній більшості – люди молодого віку, і збереження здоров'я є запорука їх довгого життя й ефективної праці з визначними результатами. У [99] пропонується використання методів телемедицини для збору, накопичення та обробки інформації про ФСт людини.

Враховуючи складові ФСт, що формується для задоволення потреби – ефективної роботи в ЕНС, – контрольованими мають бути параметри таких систем організму: кора головного мозку; лімбічна система – як структура, що задіяна в формуванні пам'яті і регуляції ЧСС; ретикулярна формація – підтримка пози (довготривале статичне положення особи в ЕНС), підтримка уваги, запам'ятовування; структура що регулює ендокринні і вісцеральні функції внутрішніх органів; сегментарні структури спинного мозку, стовбуру головного мозку, блукаючий нерв – як структури підтримання симпато-парасимпатичного балансу організму, внутрішньосистемного гомеостазу.

Для встановлення меж, визначаючих ефективність роботи ЕНС в ланці людського чинника, слід встановити порогові та запорогові значення цих параметрів. Останнє дасть можливість визначити часові та функціональні межі найкращої працездатності особи, що працює в ЕНС, тим самим підтримуючи ефективність роботи ЕНС і не допускаючи поступового накопичення перевантаження ФСт людини, що може призвести до проявів певних специфічних захворювань [177, 205].

### 3.3. Методи оцінювання функціонального стану людини відповідно до теорії функціональних систем

Відповідно до теорії функціональних систем «поведінка організму розглядається не як реакція, а як засіб зміни співвідношення із середовищем, спрямоване в майбутню "дію", що обумовлює усунення невідповідності між "потребами" і мікросередовищем. На рівні цілісного індивіда, при аналізі його зовнішньої поведінки, результат описується як певне співвідношення організму й зовнішнього середовища, що припиняє дію, спрямовану на його досягнення, і уможливорює реалізацію наступної дії» [196].

У теорії ФС також виведено поняття "системокванти": дискретні відрізки системної діяльності різних функціональних систем організму від виникнення потреби до її задоволення [109, 110]. Системокванти поведінкової та психічної діяльності людини включають вихідну потребу й мотивацію, що формується на її основі, цілеспрямовану діяльність (поведінку, націлену на задоволення цієї потреби), постійне оцінювання за допомогою зворотної аферентації досягнутих проміжних і кінцевих результатів. Мозкова архітектоніка, що забезпечує "системокванти" діяльності, включає системні компоненти, встановлені П. К. Анохіним: аферентний синтез, прийняття рішення, акцептор результату дії, оцінювання параметрів досягнутих результатів акцептором результату дії на основі зворотної аферентації. Системним механізмом, організованим на рівні ЦНС є акцептор результату дії (рис. 3.3, [163]).



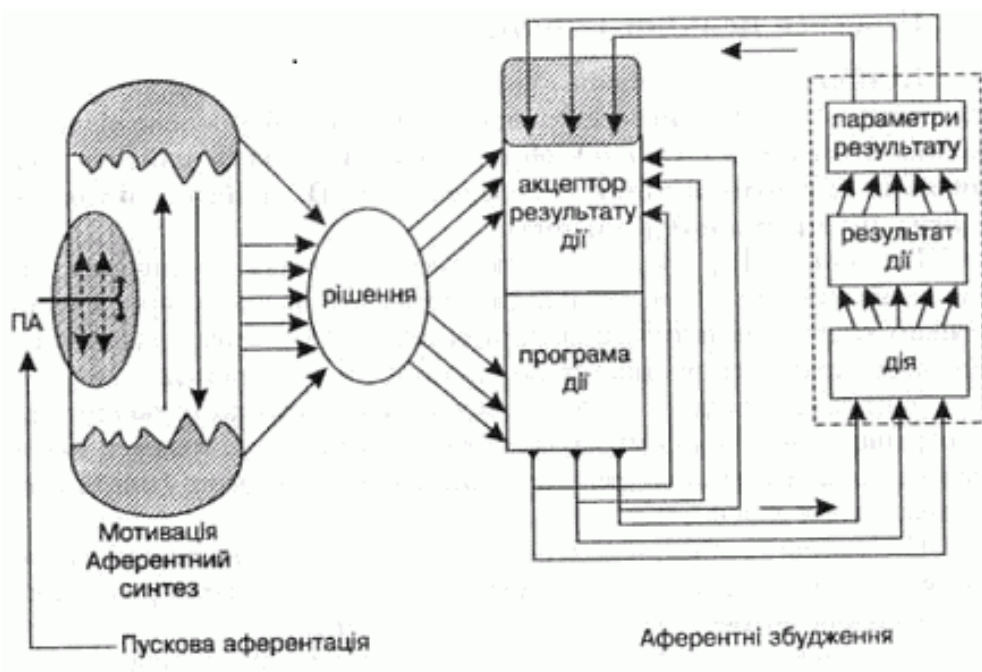


Рис. 3.3. Схема цілеспрямованого поведінкового акту за П.К. Анохіним

Програма системокванту визначає послідовність включення в роботу вегетативних і соматичних ефекторів, що формують його зовнішню реакцію. Паралельно запуску програми в ЦНС формується апарат акцептора результатів дії [163, 165].

Стан особи в ЕНС - динамічний результат взаємодії всіх ФС організму під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів ЕНС, що для реалізації мети її роботи.

Системокванти зовні виявляються в діяльності та її результатах, спрямованих на задоволення потреби, що лежить в їх основі. Мотиваційні та зовнішні збудження для досягнення мети складають основу активації в ЦНС механізмів, що організують конкретний поведінковий акт, орієнтований на досягнення в середовищі існування корисного результату. Це так званий тригерний механізм системокванту: при виникненні вихідної потреби активність системокванту виникає не одразу, а тільки після того, як збудження ФС, що його утворюють, досягне певного критичного рівня.

Завдяки тригерному механізму активації, системоквант проявляє властивості хвильового процесу, з періодичними хвилями виникнення потреби та її задоволення, і дискретної частинки, адже поведінка індивіда має дискретну

структуру. Висока функціональна активність системокванта триває, поки не задовольняється вихідна потреба. Завершення системокванту може бути позитивним або негативним, з точки зору досягнення мети діяльності системи.

Мотивація й емоції мають провідну роль у досягненні мети діяльності ЕНС і є факторами, що спонукають ФС особи до напруженої праці. Динаміка взаємодії інформації про потреби та їх задоволення безперервно супроводжується інформаційним емоційним компонентом [169, 170, 171].

Параметри ФСт, що змінюються під впливом такої роботи, дають можливість зрозуміти, які саме ФС організму є найбільш навантаженими під час роботи в ЕНС, отже, які саме системи потерпають від впливу системокванту поведінкової, психічної діяльності та інформаційного системокванту, вплив якого на ФСт, у разі позитивного або негативного завершення матиме різні наслідки.

У ЕНС системоквант дії особи, яка навчається може розглядатися як виконання нею певного завдання [1]. Визначення параметрів ФСт такої особи перед початком роботи в ЕНС і по закінченні, їх порівняння між собою встановить якісний вплив системокванта на ФСт. Для визначення параметрів ФСт розглядається реєстрація електричних параметрів діяльності організму, що можливо отримати методами контролю варіабельності серцевого ритму [174].

Відповідно до концепції Р. М. Баєвського, аналіз фізіологічних механізмів регуляції серцевого ритму дає можливість отримати інформацію про ФСт всього організму. Показники ВСР швидко реагують на зміни рівня психічного напруження, що відображають динаміку психічного навантаження. Порушення вегетативної регуляції серцево-судинної системи служить ранньою ознакою зриву адаптації організму до навантажень і зниження працездатності [195].

Практично всі фізіологічні та біохімічні процеси ритмічно змінюються в часі. Біологічний ритм – коливання інтенсивності або швидкості біологічного процесу, приблизно рівні проміжки часу. Ці коливання в нормі стійкі до різних підбурюючих впливів і зберігають сталість своїх параметрів. Біологічна роль добових ритмів полягає в адаптації організму до добових ритмів, геофізичних і

соціальних факторів, тимчасової організації процесів життєдіяльності, що підвищує їх ефективність, забезпечує високої активності і стійкості до стресів днем і відновлення функцій вночі. Існують циркадні ритми вегетативної активності. Оцінка показників ВСП дозволяє підійти до обґрунтованого прогнозування фізичних можливостей людини, більш раціонально будувати режим праці та відпочинку і вести контроль його функціонального стану [194].

ВСП і РВГ є класичними інструментальними методами визначення ФСт ССС. Їх характеристики чутливі до найменших змін ФСт. Вони вимагають гарної професійної підготовки у лікаря, який проводить такі дослідження і інтерпретує результати. Обидва методи можна виконувати в положенні обстежуваного сидячи, що добре для проведення досліджень в умовах навчального класу. Проте для збору інформації про поточний ФСт людини в ЕНС та його відносні зміни найкращим (як нами описано в 2 розділі) є метод контролю параметрів ЕШХ МЗ.

Отже, інформативні параметри ФСт людини можуть бути отримані різноманітними способами. Найбільш доступним для контролю показників, які можна інтерпретувати як показники поточного ФСт особи, органом, що, відповідно до теорії ФС, є також залученим до всіх процесів, які відбуваються в організмі людини є шкіра (зовнішній орган, рецепторне поле, за допомогою якого відбувається зв'язок організму з навколишнім середовищем). Іннервація шкіри здійснюється як гілками цереброспінальних нервів, так і ВНС. Нерви ВНС іннервують в шкірі судини, гладеньку мускулатуру і потові залози. Чутливі нерви, що утворюють численні чутливі закінчення, належать до соматичної нервової системи, що разом із вегетативною нервовою системою формує периферичну нервову систему [225].

Функції шкіри: захисна, терморегуляторна, водно-сольового обміну, екскреторна, депонування крові (в судинах шкіри може перебувати до 1 літра крові), ендокринна і метаболічна, дихальна, рецепторна, імунна [77]. Опосередковано, контрольовані параметри шкіри відображають стан відділів нервової системи [227, 228].

Відповідна реакція на подразнення шкіри в місцях розташування МЗ реалізується через нервову систему з включенням нейрогуморальних механізмів. Ці факти відомі ще з робіт Аствацатурова М.І. (1929), Подшибякіна А.К. (1960), Судакова К.М. (1986) [123]. У межах головного мозку соматовісцеральні взаємини є більш складними, вони об'єктивно встановлені на досліджуваних моделях і підтверджені клінічними спостереженнями. За теорією системогенеза [80], в ранньому онтогенезі окремі елементи органа дозрівають поступово й нерівномірно, об'єднуючись з раніше дозріваючими елементами іншого органа, що бере участь у реалізації даної функції, створюють функціональну систему, яка здійснює мінімально достатнє для даного етапу розвитку забезпечення життєво важливих функцій. З цих взаємин впливає функціональний, взаємообумовлений зв'язок між різними відділами нервової системи, що має своє відображення у певних параметрах ділянок шкіри.

У формуванні реакції організму на подразнення МЗ за допомогою електричного стимулу беруть участь всі відділи нервової системи. Тому параметри ЕШХ МЗ відбивають характеристики станів усіх систем організму людини, як результат різноманітних впливів усіх відділів нервової системи, формуючи відповідь на будь-які подразники передають ФСт особи в ЕНС. При цьому робота людини відбувається на тлі її емоційного та психологічного станів, відображаючи особистісну чи ситуативну тривожність. Тривога може проявлятися як відчуття невпевненості в собі, безсилля перед зовнішніми факторами, перебільшення їх неминучості та загрозливого характеру [9].

З огляду на теорію функціональних систем, можна припустити, що тривожність є стан, який характеризується перевантаженням психофізіологічних і нейродинамічних ФСт особи, які, будучи взаємопов'язаними з іншими ФСт організму, впливають певним чином на параметри їх діяльності. Існує оптимальний індивідуальний рівень «корисної тривоги» [183].

На думку Ч. Спілбергера тривожність – це відображення емоційного стану або певної сукупності реакцій, що виникають у суб'єкта, який сприймає ситуацію як особистісно загрозливу, небезпечну. Павлов І. П. оцінював

тривожний стан як показник слабкості нервової системи, хаотичності нервових процесів [11]. Прихожан А. М. визначає тривожність як емоційно особистісне утворення, що має когнітивний, емоційний і операційний аспекти [87].

Особистісна тривожність визначається типом вищої нервової діяльності, темпераментом, характером, вихованням і набутими стратегіями реагування на зовнішні чинники. Ситуативна тривожність більше залежить від поточних проблем і переживань. Дуже висока особистісна тривожність прямо корелює з наявністю невротичного конфлікту, психосоматичними захворюваннями [10].

Зважаючи на взаємопов'язаність процесів, що відбуваються в організмі під управлінням нервової системи, врахування станів ФС за допомогою реєстрованих параметрів ВСР і РВГ дає можливість контролювати: стани ВНС; симпато-парасимпатичний баланс; стан коркових утворень, що відповідають за першу сигнальну систему; стан коркових утворень, що відповідають за другу сигнальну систему; стан підкоркових утворень, що відповідають за емоції.

Врахування параметрів ЕШХ МЗ завдяки шкірно-вісцеральним рефлексам дозволяє контролювати: рецепторний апарат ЦНС; сегментарні відділи спинного мозку; центральні відділи головного мозку; стани ВНС; симпато-парасимпатичний баланс [168].

Урахування початкового стану особистісної та ситуативної тривожності людини дозволить визначити вплив типу її вищої нервової діяльності, її темпераменту, характеру, виховання та набутих стратегій реагування на зовнішні фактори на зміни ФСт в процесі роботи в ЕНС та на результат роботи ЕНС, отриману якість навчання.

3.4. Моделювання системи автоматизованого контролю функціонального стану особи в ергатичній комп'ютерній системі із застосуванням показників електрошкірних характеристик мікрозон

Розгляд контрольованих параметрів ФСт особи та їх взаємозв'язків визначить вплив роботи людини в ЕНС на стан основних ланок адаптивних

систем організму. В результаті він дасть змогу встановити кількісні показники впливу роботи людини в ЕНС на її ФСт, і обґрунтовано визначити параметри ФСт людини з погляду на ефективність виконуваної роботи та збереження стану її здоров'я.

Створення моделі системи контролю ФСт особи в ЕНС складається з трьох частин: визначення припустимого розкиду параметрів ФСт особи за допомогою методів функціональної діагностики: ВСР, РВГ; визначення відповідності між показниками ФСт особи, отриманими за допомогою ВСР, РВГ та ЕШХ МЗ; встановлення припустимого розкиду параметрів ЕШХ МЗ, що визначає межі задовільного ФСт особи, з погляду на ефективність роботи ЕНС.

Всі особи різні, отже уявімо деяку абстрактну особу, як частину ЕНС, яка характеризується набором параметрів ФСт, що можна визначити за допомогою перерахованих діагностичних методів [6].

Нехай  $P_{ij}$  – деяка абстрактна особа що навчається в ЕНС,  $S(P_i)$  – набір ознак, які описують попередній стан особи, параметри ФС, з якими вона починає роботу в ЕНС;  $S(P_j)$  – з якими вона завершує свою роботу. Модель абстрактної особи  $P_{ij}$  в ЕНС – множина інтервалів, в які попадають значення ознак попереднього та завершального станів абстрактної особи при вимірах. Модель ФС абстрактної особи при роботі в ЕНС є набором послідовних некерованих впливів всіх інших об'єктів ЕНС на ФСт абстрактної особи, що призводить до зміни попередніх параметрів її ФСт. При цьому,

$$P_i = \{p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_n}\} \quad (3.1)$$

– множина ознак, що описують ФСт абстрактної особи.

Кожна ознака визначається лімітами змін як

$$p_{i_n} \in [a_{i_n}, b_{i_n}], \quad (3.2)$$

де  $a$  і  $b$  – границі інтервалу, в яких може змінюватись значення  $i$ -тої ознаки попереднього ФСт абстрактної особи.

Враховуючи необхідність подальшого статистичного оброблення даних, межею дозволеного впливу складових частин ЕНС на ФС особи є її стан, коли

контрольовані параметри ФСт вийшли за межі довірчих інтервалів, що визначено в літературі як межі припустимого розкиду значень контрольованих параметрів стану ФСт особи, і складають так званий поріг задовільного стану певної ознаки ФСт.

На вхід процесу роботи ЕНС абстрактна особа попадає в стані, що характеризується набором ознак  $S(P_i)$ . Ситуацією виходу з робочого режиму ЕНС є стан, коли значення  $S(P_i)$  абстрактної особи в процесі її роботи в ЕНС виходять за межі припустимих інтервалів  $[a_{j_n}, b_{j_n}]$ . Отже, визначається перевантаження певних ФС людини через обрані фізичні параметри.

Вихід параметрів ФСт за межі припустимих інтервалів визначає ситуацію, коли ЕНС, частиною якої є ФСт особи, переходить в стан роботи з перевантаженням. Тобто, визначена мета роботи ЕНС може бути досягнута лише при надмірних витратах ресурсів ЕНС. При частих повторюваннях ситуацій, виникає підстава для прояву специфічних професійних захворювань.

Для надійної роботи ЕНС, варто відстежувати стан тих ФС, що будуть визначені в ході перевірки як такі, що схильні до найбільших змін при роботі в ЕНС. На базі таких спостережень створюється прилад, що здатен автоматично контролювати поточні зміни ФС обраних ФСт особи в ЕНС. Прилад повинен періодично послідовно визначати ці параметри, фіксувати їх, порівнювати із межевими значеннями, і на підставі відповідності кожних нових вимірів до припустимого розкиду робити попереджувальний висновок про можливість подальшої роботи людини в ЕНС.

Алгоритм визначення припустимих рівнів параметрів ФС особи на основі ВРГ, ВСР та ЕШХ МЗ складається з декількох етапів, що відповідають прийнятому дизайну дослідження дисертаційної роботи.

На першому етапі на базі припустимого розкиду величин параметрів ВСР та РВГ створюється модель початкового стану абстрактної особи. Розкид визначається за даними літературних джерел. На другому етапі виміряються вхідні і вихідні параметри ВСР і РВГ у осіб, які навчаються в умовах ЕНС, встановлюють межі змін параметрів, що порівнюються з літературними.

На третьому етапі, вимірюються вхідні та вихідні параметри ЕШХ МЗ особи в ЕНС. На четвертому, застосувавши методи статистичного аналізу, встановлюються відповідності між виміряними контрольованими параметрами ВСР, РВГ та ЕШХ МЗ.

Отже, будуть встановлені припустимі межі розкиду значень ЕШХ МЗ, що визначають межі задовільного ФСт особи в ЕНС. Оскільки зміни ФС мають узгоджений характер, на основі моделі змін ФС за параметрами ВСР та РВГ створюється відповідна модель змін ФС, що контролюється за допомогою вимірів ЕШХ МЗ, обґрунтовуючи припустимі межі змін параметрів ЕШХ МЗ у певних контрольованих точках кореляцією з певними параметрами ВСР та РВГ (рис. 3.4).

Для вдосконалення роботи автоматизованої контролюючої системи в ЕНС, створення наборів дискретних моделей станів особи в ЕНС, слід постійно накопичувати й обробляти дані вимірів ЕШХ МЗ. Технологічною основою такого формування масивів даних та їх аналізу можуть виступати інформаційні системи, створені на базі Грід-технологій [99].

Відповідно до теорії функціональних систем [166], стан різноманітних ФС організму особи, яка працює в ЕНС, змінюється під впливом різних видів навантаження, що виникають під час досягненні мети діяльності ЕНС. Оскільки в кожен певний проміжок часу провідною може бути різна ФС, або група ФС, то контрольовані параметри ФСт особи будуть динамічно змінюватись. Характер і напрям змін залежатиме від того, які саме ФС створюються в організмі особи в даний момент часу, які руйнуються, виконавши свою мету. Якщо перевантаження ФС організму постійно повторюються або тривають довгий проміжок часу, то у особи повільно виникає порушення діяльності таких ФС, що призводить до появи стійких порушень ФСт. Баланс між різними ФС під впливом інформаційних системоквантів для створення чергової ФС можна гарно проілюструвати на прикладі діаграми.



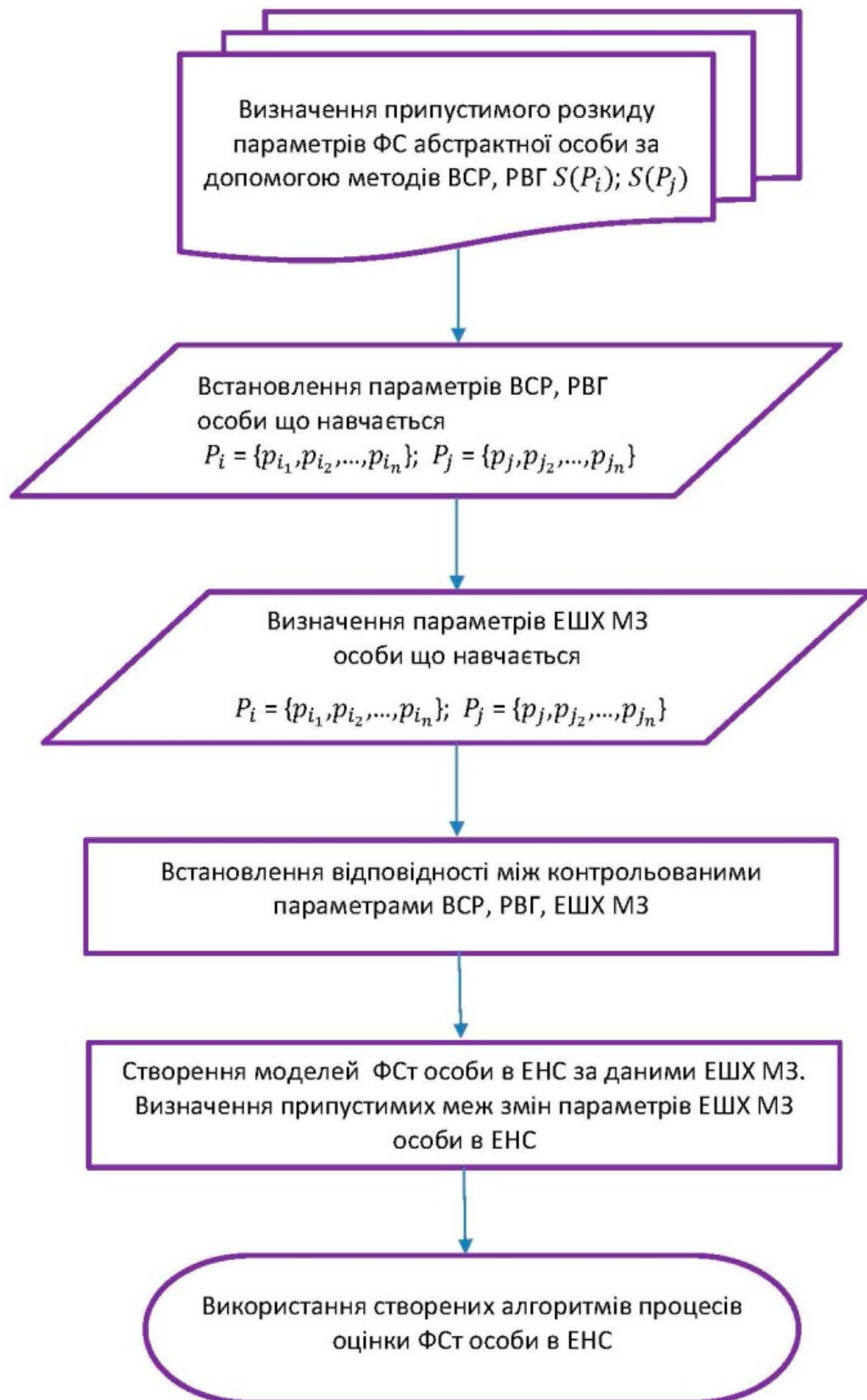


Рис. 3.4. Алгоритм створення моделей визначення ФСт особи, яка працює в ЕНС, за даними ЕШХ МЗ

Шкіра людини – єдиний орган, до якого є вільний доступ, отже можливий неінвазивний контроль ФСт особи, що оснований на спостереженні параметрів визначених ділянок шкіри, або МЗ [139]. В опорному трикутнику – параметри ЕШХ МЗ, що постійно змінюються, відбиваючи поточні виміри (рис. 3.5).

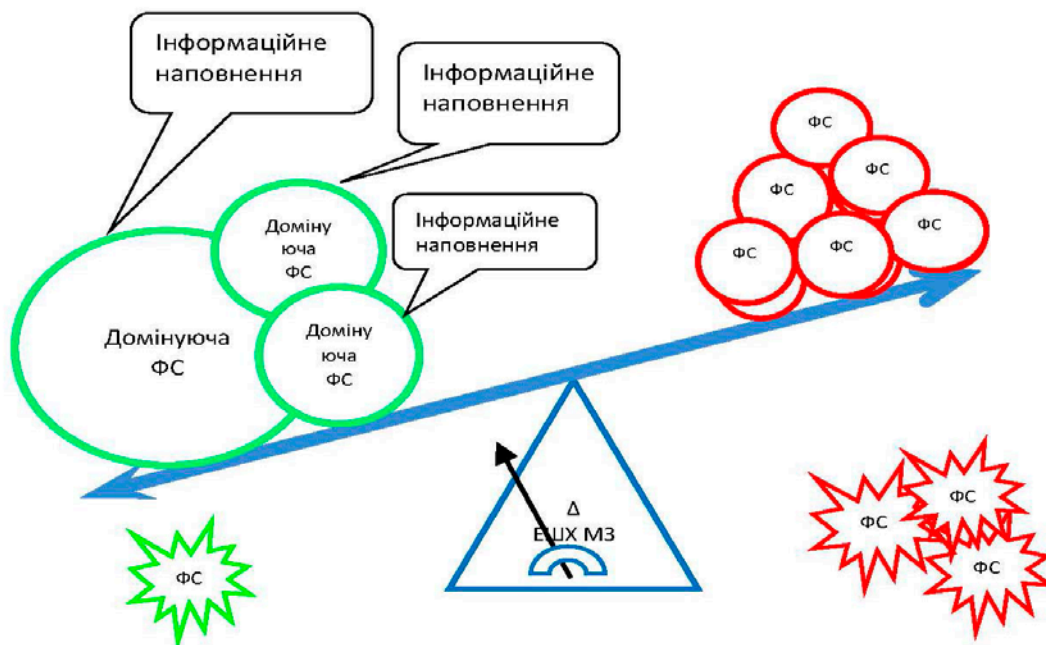


Рис. 3.5. Модель системи контролю ФСт особи в ЕНС із застосуванням показників ЕШХ МЗ

Системокванти поведінкової і психічної діяльності утворюють в організмі різноманітні ФС без цілеспрямованих зусиль особи, яка працює. Отже, їй завчасно невідомо, які саме ФС є найбільш навантаженими під час виконання роботи, і які можуть бути навіть перевантаженими, тобто їх стан може привести до виникнення професійного захворювання. Внутрішнє наповнення системоквантів складають інформаційні процеси системної архітектури функціональних систем, що їх утворюють, і включає встановлені П. К. Анохіним стадії. Діяльність кожного системокванта пронизана інформацією про вихідну потребу і її задоволення без втрати інформаційного значення на будь-якому етапі її здійснення [2]. Інформаційні системокванти попередньо вилучаються домінуючими мотиваціями, формуючи цілеспрямовану поведінку.

Зміни що відбуваються в організмі особи в ЕНС і можуть бути контрольовані через вимір і реєстрацію параметрів ЕШХ МЗ, ВСР, РВГ є сумарними проявами ФСт організму особи, що обумовлені, в нашому випадку, впливами ЕНС  $\overrightarrow{I(EES)}$ , її оточуючого середовища  $\overrightarrow{J(EES)}$ , і зусиллями особи, направленими на досягнення мети діяльності ЕНС, або системокванту,  $\overrightarrow{A(EES)}$ , як прояв системних взаємовідносин між елементами цієї системи:

$$\overrightarrow{Fs(n)} = (\overrightarrow{I(EES)}, \overrightarrow{J(EES)}, \overrightarrow{A(EES)}). \quad (3.3)$$

Кожний з елементів цього рівняння є результуючим вектором, що, в свою чергу, є відбитком сумарного впливу на ФСт особи чинників одного порядку. При цьому, складові цих елементів можуть мати різні направленості впливу. Результуючий вплив може бути описаний за принципом суперпозиції: результат впливу на частку декількох зовнішніх сил є векторна сума впливу цих сил. Принцип суперпозиції – принцип незалежного накладання діянь або процесів, при якому результуючий ефект еквівалентний об'єднанню (сумі) ефектів, що зумовлений окремо кожним з них. Виконується для систем, що описуються лінійними рівняннями. Вектор характеризується числовим значенням і напрямом. При зміні однієї з характеристик вектора змінюється підсумковий вплив на систему. Отже вектор  $\overrightarrow{Fs(n)}$  з рівняння (3.3) являє собою динамічну функцію - інтегральний критерій поточного ФСт особи у ЕНС, а модель на рис. 3.5 – відбиток проекції системи контролю ФСт особи на одну будь-яку з поверхонь, що являють собою складові впливу ЕНС на стан особи.

Виходячи з рівняння (3.3), вважаючи що робоче середовище, у якому відбувається певний процес що потребує зусиль від людини, яка його виконує, є змінним параметром, роблячим свій внесок в параметри ФСт цієї особи, можна, порівнюючи інтегральні показники ФСт особи у різних робочих умовах, виявити внесок саме робочого середовища на загальний ФСт особи, як дельту між первісними і кінцевими значеннями інтегрального критерію. Змінним параметром є також вплив системокванту поведінкової і психічної діяльності, інформаційного системокванта, які є підґрунтям для створення організмом ФС

що є такими що самоорганізуються, самофункціонують і саморуйнуються. Отриманий за принципом суперпозиції сумарний вектор – інтегральний критерій ФСт особи  $\overrightarrow{Fs(n)}$  є таким, що динамічно змінюється. Залежно від виду ЕНС, її оточуючого середовища, зусиль що їх особа прикладає для виконання завдання,  $\overrightarrow{Fs(n)}$  в кожному випадку приймає певні дискретні значення, обумовлені цими впливами.

Оскільки одночасно домінуючими можуть бути декілька ФС організму [167], то при багатопараметричних дослідженнях інформативними є не тільки окремі показники ФСт певних ФС, а і їх взаємні співвідношення. Відповідно до розвитку теорії стресу, що надано в роботах [87, 169, 177], в організмі людини існують не лише механізми пристосування до умов оточуючого середовища, укладених сильними подразниками, але й до середніх за силою впливу і слабких подразнень. Такі механізми неспецифічних реакцій на слабкі подразники було названо «реакцією тренування», а на середні – «реакцією активації». Вочевидь, вони формують відповідну поведінку особи, і активують створення та/або руйнування ФС організму, що будуть укладені для досягнення мети діяльності. Рівень активації адаптаційних механізмів організму і задіяні для виконання мети ФС обумовлюються вмістом інформаційного системокванта. Вони визначають рівень реактивності, на якому розвиваються реакції [111]: слабка відносна величина впливу стимулює реакцію тренування, середня-спокійну і підвищену активацію, велика – стрес. Це відповідає процесу, притаманному ролі інформаційного системокванту. Кількісні параметри переходів між рівнями активації мають дискретні характеристики. При низьких рівнях активації, показники ФСт можуть змінюватись в визначених діапазонах, але завдяки незмінності змісту одного того ж самого інформаційного системокванту, рівень активації не може перевищити межу, необхідну для виникнення нових ФС. При зміні рівня активації, обумовленій появою нового інформаційного системокванту, або повтором попереднього, у разі негативної реакції на досягнення/недосягнення мети діяльності, активуються інші ФС організму, відбувається зміна параметрів ФСт, що перевищує попередні порогові значення.

Порогові значення будуть перевищені не у всіх ФС організму, а лише в тих, які задіяні в досягненні меті діяльності в кожному даному випадку. Це визначить, яким видам діяльності сприяє включення яких груп ФС, або які саме ФС потерпають від певних видів робіт, за допомогою контролю параметрів ФСт на основі ЕШХ МЗ. Група МЗ та їх параметри це проекція ФСт особи на осі показників, що є складовими даної ЕНС. Проекції початкових, кінцевих станів осіб в ЕНС складуть галерею, що описує людський чинник ЕНС як її невід'ємну частину.

Галерея проекцій, що являють собою набір контрольованих параметрів груп МЗ, відбиваюча різноманітні стани всіх складових впливу на ФСт особи що працює в ЕНС, дає змогу визначити внесок кожної з цих складових в значення інтегрального критерію  $\overline{Fs}(n)$ , надасть можливість визначити шляхи вдосконалення ЕНС з огляду впливу її складових – технічного, програмного забезпечення, змістового наповнення, удосконалення оточуючого середовища ЕНС – на ФСт особи, яка навчається. Отже, вдосконалюється алгоритм роботи приладу автоматизованої системи контролю ФСт людини в ЕНС.

#### 3.4.1. Правила встановлення припустимого розкиду параметрів електрошкірних характеристик мікрозон

Показники ЕШХ мають визначенні у ході дослідження кореляційні зв'язки з параметрами ВСР, але не являються їх відображенням, повним аналогом. Кореляція між показниками ЕШХ і ВСР стає більш явною після проведення заняття. Вона більш виражена в учасників, які займалися в ЕНС, ніж у класі без такої. Однак, в обох умовах після навантаження у вигляді навчання в різних навчальних середовищах, ступінь кореляційного зв'язку між параметрами ФС, отриманими різними методами, зростає по відношенню до попередніх значень, розрахованих для ВСР і ЕШХ МЗ, зафіксованих перед початком роботи. Тобто, внаслідок навантаження, інформаційного і поведінкового системоквантів, зростає відповідність між відносними змінами ВСР та ЕШХ.

Припустимий розкид параметрів ВСР відомий з літератури [94, 95].

Параметри ЕШХ не є буквальним відображенням параметрів ВСР; існує лише кореляція між ними. Статистично достовірним рівнем розкиду значень параметрів ЕШХ може вважатись довірчий інтервал, обчислений окремо для кожної МЗ особи, для якої підготовлюється пристрій контролю ФС на основі ЕШХ. За обчисленнями довірчих інтервалів, встановлюються припустимі діапазони коливань значень ЕШХ для кожної контрольованої МЗ. Одночасно контролюються параметри від однієї до декількох МЗ.

Всередині кожного довірчого інтервала обчислюються 5 % прикордонні полоси, підпорогові значення параметрів ЕШХ МЗ. Величина прикордонної полоси обумовлена стандартною п'ятивідсотковою статистичною похибкою обчислень ЕШХ МЗ. Їх сенс – попередити особу, що її ЕШХ знаходяться на межі, і можна очікувати переходу до критичного рівня, що характеризує перевантаження ФС.

Сумарно вклад всіх МЗ що контролюються у загальний ФСт складає 100%. Робота кожної ФС є рівно важливою для функціонування всього організму. ЕШХ контрольних МЗ неможна порівнювати між собою, оскільки вимір ЕШХ кожної МЗ, за теорією акупунктури [100, 102, 110], відбиває стан окремої ФС, яка має власний набір різноманітних властивостей, адже складається зі специфічних тканин, структур, має специфічні функції. Вони являють собою виміри, виконані в різних шкалах, з різною ціною ділення. Тому доцільно обчислювати вклад кожної МЗ у загальний ФСт особи у відсотках. Зробимо припущення, що вклади всіх ФС у загальний ФСт рівні.

Вклад кожної МЗ, де  $n$  - кількість одночасно контрольованих МЗ становить:

$$C_{MZ} = \frac{100}{n} \%, \quad (3.4)$$

Після обчислення відсоткового вкладу кожної МЗ у загальний рівень активності всіх контрольованих МЗ обчислюється її довірчий інтервал у відсотковому відображенні, для загального рівня активації.

Визначається відсоток, на який, відносно середнього значення, може змінюватись контрольований рівень ЕШХ окремої МЗ, коли ФСт особи зберігається у межах припустимих для роботи без перевантаження.

$$D_i = \frac{m_i * 100}{S_{x_i}}, \quad (3.5)$$

де  $D_i$  – довірчий інтервал і-тої МЗ, у відсотковому обчисленні до середнього значення;  $m_i$  – довірчий інтервал і-тої МЗ у числовому вираженні;  $S_{x_i}$  – середнє значення і-тої МЗ.

На основі аналізу станів людини [101, 104] можна припустити, що 5% припорогова полоса,  $L_{5\%i}$ , що є межею ліміту задовільного ФСт і наближення змін до порогових значень, розраховується виходячи з величин  $D_i$  і  $S_{x_i}$ :

$$L_{5\%i} = \frac{D_i * 5}{100}. \quad (3.6)$$

В абсолютних числах, значення припорогової полоси розраховується за формулою:

$$L_i = \pm \frac{m_i * 5}{100}, \quad (3.7)$$

де  $m_i$  – довірчий інтервал і-тої МЗ у числовому вираженні.

При досягненні параметра ЕШХ певної МЗ –  $C_i$  – значення, що вираховується за формулою:

$$C_i = S_{x_i} \pm (m_i \mp L_i), \quad (3.8)$$

де  $m_i$  – довірчий інтервал і-тої МЗ у числовому вираженні;  $S_{x_i}$  – середнє значення і-тої МЗ;  $L_i$  - ширина припорогової полоси, контролююча система видає попереджувальний звуковий сигнал, який означає, що загальний ФСт особи перейшов у прикордонний стан; можливо, особі що навчається, час звернути увагу на це, вжити заходи щодо виправлення ФСт, змінити на деякий час вид діяльності, перепочити тощо.

Зміни параметрів ЕШХ МЗ можуть відбуватися так, що параметри не всіх, а лише однієї, двох МЗ вийдуть за припустимі межі, а інші контрольовані МЗ збережуть свої параметри у межах припустимого розкиду.

З обчислення довірчих інтервалів МЗ у відсотковому вираженні, при застосуванні принципу суперпозиції, тобто «незалежного накладання діянь або процесів, при якому результуючий ефект еквівалентний об'єднанню (сумі) ефектів, що зумовлені окремо кожним з них» [92, 93], можна розрахувати загальний рівень відхилення параметрів ЕШХ МЗ при роботі людини у ЕНС,  $D_{\Sigma}$ :

$$D_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n |D_i|, \quad (3.9)$$

де  $D_i$  – довірчий інтервал  $i$ -тої МЗ, у відсотковому обчисленні до середнього значення цієї МЗ;  $n$  – кількість контрольованих МЗ.

Тобто, якщо сумарне відхилення параметрів всіх контрольованих МЗ, обчислене у відсотках до відповідного для кожної МЗ середнього  $S_{x_i}$ , перевищує попередньо розрахований загальний рівень  $D_{\Sigma}$ , то людина працює з перевантаженням, про що контролююча система зробить цієї людині попередження, у вигляді текстового повідомлення, по аналогії з повідомленнями, що надходять, наприклад, з Facebook.

Для розрахунку  $D_{\Sigma}$  потрібно не враховувати знак  $D_i$ , адже зростання або зменшення ЕШХ контрольованої МЗ однаково визначає зміну ФСт під впливом навантаження.

Формула (3.9) й є інтегральним критерієм припустимих змін параметрів ФСт певної особи, визначеним за допомогою параметрів ЕШХ МЗ.

Для визначення відхилення поточних параметрів ЕШХ МЗ від припустимих меж слід розрахувати різницю між значенням інтегрального критерію та сумарним відхиленням поточних параметрів ЕШХ МЗ від середніх значень для кожної МЗ:

$$\Delta = D_{\Sigma} - \sum_{i=1}^n (S_{x_i} - C_i) . \quad (3.10)$$



Висновки до розділу:

1. Обґрунтовано визначення системи «людина – комп'ютер» як ергатичної системи, а також ергатичної навчальної системи як поєднання особи, яка навчається та комп'ютерного навчального обладнання.

2. Для визначення впливу ЕНС створено моделі функціонального стану особи, яка навчається в ергатичних і позаергатичних навчальних системах, виходячи з позиції системного нагляду за ФС особи.

3. На основі аналізу літератури обґрунтовано концепцію контролю електрошкірних параметрів мікрозон як базису неінвазивних достовірних методів контролю функціонального стану особи.

4. Розроблено алгоритмічну модель, що відображає динаміку змін функціонального стану особи, яка працює та перебуває під впливом ЕНС.

5. Обґрунтовано правила встановлення припустимого розкиду параметрів електрошкірних характеристик контрольованих мікрозон.

6. Обґрунтовано зміст «інтегрального критерію функціонального стану особи».

7. Обґрунтовано створення моделі системи автоматизованого контролю зміни функціонального стану людини в ергатичній системі з використанням параметрів електрошкірних характеристик.

Основні положення розділу опубліковано в таких наукових працях автора: [10, 62, 78, 79, 131, 134, 141, 147, 150, 172, 173, 185].

## РОЗДІЛ 4

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

З метою розроблення системи контролю поточного ФСт людини, яка працює в комп'ютерній ергатичній навчальній системі, в роботі вирішено низку завдань: підготовано моделі навчального середовища з ЕНС та без ЕНС; підготовано моделі автоматизованої системи контролю функціонального стану осіб у моделях навчального середовища; обрано студентів досліджуваної та контрольної груп; проведено визначення ФСт осіб у обох моделях навчального середовища, за допомогою моделі системи контролю ФСт, до складу якої входять методи ВСП, РВГ та тест Спілбергера-Ханіна; досліджено зміни ФСт особи при її роботі в моделі навчальної ЕНС «людина-комп'ютер» протягом часу заняття за використання моделі системи контролю ФСт особи, на основі методу ЕШХ МЗ, для обґрунтування можливості використання методу вимірювання ЕШХ МЗ людини в якості інтегрального критерію експрес-оцінки зміни її ФСт і доцільності використання автоматизованої системи моніторингу зміни ФСт людини в комп'ютерній ЕНС.

Дослідження проводилося протягом 2011-2015 навчальних років на кафедрі «Медичної та фармацевтичної інформатики та НТ» Запорізького державного медичного університету. У дослідженні брали участь студенти 2-го курсу фармацевтичного і медичного факультетів. Моделлю навчального навантаження у ЕНС, досліджувана група, виступав предмет «Інформаційні технології у фармації» та «Медична інформатика». Моделлю навчального навантаження без ЕНС, контрольна група, був предмет «Аналітична хімія».

У першому етапі дослідження у якості і контрольної і експериментальної груп була одна й та сама група студентів, чий стан досліджувався у різних умовах навчання. Результати першого етапу досліджень являли собою пов'язані вибірки. На другому етапі у експериментальній групі брали участь студенти, рандомізація відбору яких проведена за допомогою таблиць випадкових чисел.

У ході дослідження вперше було розглянуто структуру навчального середовища з точки зору наявності у ньому засобів комп'ютерної техніки як її невід'ємної частини, що дозволяє стверджувати про існування ЕНС, яке, будучи частиною системи навчання, впливає на всі інші складові освітнього середовища – способи представлення навчальних матеріалів, осіб, що навчаються, функціональний стан учасників ЕНС тощо.

Для розробки моделі ЕНС, було розглянуто її складові, проаналізовано, що саме створює специфічний вплив комп'ютерних засобів і інформаційних технологій, що застосовуються у навчальному процесі, на ФСт осіб що навчаються. Інструментом такого впливу є інтерфейс інформаційних систем, за використання якого відбувається спілкування особи з технічним засобом. Чим більш дружнім і розвиненим є інтерфейс комп'ютерної інформаційної системи, тим швидше поглинається ним увага особи що навчається і відбувається поєднання цих частин ЕНС, прискорюючи досягнення цілі роботи системи. Отже, ФСт осіб, що навчаються в ЕНС, підпадає під вплив ЕНС і, і параметри його мають на собі відбиток такого специфічного впливу. Щоб встановити, чи є такий вплив навантаженням для ФС осіб, було проведено декілька етапів досліджень.

Перший етап дослідження є визначення ФСт осіб при різних видах навчального навантаження, в умовах створених моделей ергатичного і поза ергатичного навчального середовища, в експериментальній і контрольній групах, за допомогою моделі системи контролю ФСт, що складалася з методів ВСР і ЕШХ МЗ. На першому етапі було проаналізовано, чи має навчальне середовище вплив на ФСт студентів, і чи відмінний такий вплив при навчанні студентів з використання комп'ютерних інформаційних систем і без їх застосування у процесі навчання. Моделлю поза ергатичного навантаження для студентів було обрано процес навчання у класах без комп'ютерних навчальних систем і комп'ютерні класи, що виступали у ролі моделі комп'ютерного ЕНС. Встановлено, що такий вплив має місце, і він відмінний у випадку коли студенти працюють у навчальному середовищі без комп'ютерних засобів спілкування і

отримання інформації, і з їх застосуванням. Такі відмінності було встановлено за допомогою методів визначення ФСт ССС – реєстрації ВСР, а також з визначенням ЕШХ МЗ учасників досліджень.

Другий етап визначається встановленням вихідних рівнів ситуативної і особистісної тривожності учасників досліджуваної групи, в умовах роботи в ЕНС; визначенням параметрів ФСт осіб за допомогою моделі системи моніторингу ФСт осіб, яка складалася з методів ВСР, РВГ і ЕШХ МЗ до початку і наприкінці роботи, в приблизно однаковий час доби: попередні виміри – о 12.00-12.30; підсумкові – з 15.30 до 16.00. На другому етапі, за допомоги методів ВСР, РВГ і тестування для визначення рівнів ситуативної і особистісної тривожності було визначено зміни, що відбуваються в ФСт людей у ЕНС, в результаті виконання роботи у такій системі, тобто проведення учбового заняття. Дослідження було доповнене визначенням параметрів ЕШХ МЗ, оскільки оцінка і прогнозування ФСт людини в різних умовах повинні здійснюватися на основі комплексного системного підходу, з обов'язковим вивченням параметрів функціонування окремих систем організму [91]. Ці параметри можуть змінюватися залежно від статі, віку, ФС людини тощо.

Оскільки метою роботи є розробка системи для визначення ФСт особи в ЕНС, для досягнення такої мети було створено ряд моделей. Зокрема, моделі робочого навантаження учасників дослідження. Навчальне середовище створює різні впливи на ФСт осіб, в залежності від її складу. Створено моделі впливу складових частин різного типу середовища на людину, яка навчається із застосуванням ЕНС і без застосування ЕНС (пп. 3.1, 3.4).

Спільною рисою моделей навчального середовища різного типу є наявність інформаційного системокванту та системокванту дії, яких можна описати як необхідність досягнення цілі навчання осіб і відомість про порядок її досягнення.

Розбіжність між моделями складають технічні засоби і навколишнє середовище ЕНС.

Спостереження за ФС особи в ЕНС дозволяє встановити, які саме ФС задіяні для досягнення мети діяльності особи у ЕНС, і який саме вплив відбувається на ФС особи з боку складових частин ЕНС, у порівнянні з роботою осіб без такого впливу.

Вивчення параметрів ФС осіб у ЕНС обраними методами реєстрації та аналізу показників ВСР, РВГ верхніх кінцівок та виміру ЕШХ МЗ учасників досліджень одночасно з встановленням кількісних показників особистісної та ситуативної тривожності учасників підсумковується статистичним аналізом отриманих результатів. Він полягає у обчисленні взаємозв'язку між контрольованими параметрами ФС і рівнів тривожності осіб, та показниками вимірів ЕШХ МЗ. Це надає можливість визначити параметри ЕШХ МЗ як інтегральний критерій змін ФСт осіб у ЕНС.

Мірою успішності виконання завдання, досягнення цілі діяльності задіяних для цього ФС організму особи є оцінка студента в ЕНС, отримана ним за підсумкове тестування. Оцінювання взаємозв'язку початкового, кінцевого стану ЕШХ МЗ, зареєстрованих у студентів, які працюють у ЕНС, або їх відносних змін, та успішності навчання учасників дослідження визначить витрати ФС людини на досягнення мети діяльності.

Аналіз результатів проведених досліджень підтвердив гіпотезу про наявність розбіжностей у ФСт осіб, що виникли під впливом навчального навантаження без застосування інформаційно-комунікаційних комп'ютерних засобів, і у випадку роботи із застосуванням таких засобів, у ЕНС, моделлю якої виступав навчальний комп'ютерний клас.

Статистична обробка даних про ФСт осіб у ЕНС дозволила стверджувати, що параметри ФСт, визначені за допомогою вимірів ЕШХ МЗ, мають стійкі кореляції з параметрами ФСт, визначеними за допомогою ВСР і РВГ, а рівень ситуативної і особистісної тривожності корелює з відносними змінами ФСт.МЗ.

Отже, метод виміру ЕШХ МЗ придатний для визначення поточних змін ФСт особи і застосований для створення системи автоматизованого контролю ФСт осіб у ЕНС.

#### 4.1. Перший етап дослідження

##### 4.1.1. Визначення варіабельності серцевого ритму в осіб у позаергатичному навчальному середовищі

Відповідно до дизайну дослідження, на першому етапі було визначено параметри ВСР і ЕШХ МЗ в контрольній і досліджуваній групах. І контрольну, і досліджувану групу склали одні і ті ж самі особи, але в різних умовах проведення заняття: досліджувана група виконувала роботу в ЕНС; контрольна – в звичайному класі, без застосування комп'ютерної техніки. Основним методом встановлення ФС осіб обрано ВСР.

ВСР є найбільш інформативним методом кількісної оцінки вегетативної регуляції серцевого ритму, індикатором відхилень у роботі ВНС. Аналіз ВСР застосовано для оцінки стану механізмів регуляції фізіологічних функцій, загальної активності механізмів нейрогуморальної регуляції серця, співвідношення між симпатичним і парасимпатичним відділами ВНС. Поточна активність симпатичного і парасимпатичного відділів є результатом реакції багаторівневої системи регуляції кровообігу, який відображає адаптаційну реакцію цілісного організму.

Основний управляючий вплив на серцевий ритм надає вегетативна нервова система. Діяльність ВНС перебуває під впливом ЦНС. У довгастому мозку розташований серцево-судинний центр, що об'єднує парасимпатичний, симпатичний і судиноруховий центри. Регуляція цих центрів здійснюється підкірковими вузлами і корою головного мозку.

Дослідження параметрів роботи ССС осіб що брали участь, виконувалося в контрольній і досліджуваній групі. Запис ВСР проводився до початку роботи в звичайному класі і у ЕНС, і після її закінчення. Так, у табл. 4.1, 4.2 показано середні значення тих параметрів ВСР, рівень значущості відмінностей між вихідним і результуючим значенням для яких був  $p \leq 0,05$ .

**Показники ВСР, виміряні в контрольній групі (n=74)**

Показник	Значення до заняття	Значення після заняття	p
	$S_x 1 \pm m$	$S_x 2 \pm m$	
SDNN, мс	66,11 $\pm$ 7,77	68,88 $\pm$ 8,4	0,07
RMSSD, мс	45,09 $\pm$ 5,9	48,51 $\pm$ 7,98	0,05
pNN50 %	22,07 $\pm$ 4,93	25,04 $\pm$ 5,54	0,04
TP, мс <sup>2</sup>	4466,95 $\pm$ 1278,07	4883,62 $\pm$ 1510,73	0,02
VLF, мс <sup>2</sup>	2008,15 $\pm$ 706,17	2186,57 $\pm$ 762,03	0,06
LF, мс <sup>2</sup>	1929 $\pm$ 422,82	1687,69 $\pm$ 507,35	0,04
HF, мс <sup>2</sup>	1029,8 $\pm$ 337,34	1009,36 $\pm$ 373,65	0,05

Таблиця 4.2

**Показники ВСР, виміряні у досліджуваній групі (n=157)**

Показник	Значення до заняття	Значення після заняття	p
	$S_x 1 \pm m$	$S_x 2 \pm m$	
SDNN, мс	63,5 $\pm$ 2,3	68,3 $\pm$ 3,1	0,05
RMSSD, мс	41,9 $\pm$ 2,3	49,02 $\pm$ 3,5	0,01
pNN50 %	20,4 $\pm$ 1,3	24,37 $\pm$ 1,1	0,01
TP, мс <sup>2</sup>	4736,6 $\pm$ 91,3	5474,5 $\pm$ 86,5	0,01
VLF, мс <sup>2</sup>	1774,9 $\pm$ 90,1	2024,2 $\pm$ 75,5	0,04
LF, мс <sup>2</sup>	1732,4 $\pm$ 83,6	2027,9 $\pm$ 66,3	0,04
HF, мс <sup>2</sup>	1155,2 $\pm$ 80,8	1300,7 $\pm$ 71,7	0,05

У контрольній групі зміни показників ВСР відбивали підвищення активності парасимпатичного відділу ВНС, що видно з незначного зростання SDNN, RMSSD і pNN50 і невеликого зниження частотних характеристик спектру ВСР - LF, HF. Можна вважати, що в результаті роботи у позаергатичному класі у учасників дослідження відбулося підвищення активності парасимпатичного відділу ВНС у вигляді незначного зростання синусової аритмії, пов'язаної з диханням, і декотрого зниження симпатичної регуляції ССС барорефлекторної природи, а також знизилася психо-емоційне напруження, отже зменшився вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр; знизився ступень зв'язку автономних рівнів регуляції ССС з над сегментарними, з гіпофізарно-гіпоталамічним і кірковим рівнями [3, 4, 6].

В досліджуваній групі показники змінились таким чином, що відбиває одночасні різнонаправлені зміни в стані симпатичного і парасимпатичного відділів ВНС, що видно з підвищення рівнів статистичних показників ряду кардіоінтервалів - SDNN, RMSSD, pNN50, які визначають зростання парасимпатичної активності, і водночас росту VLF, який відбиває підвищення рівня активації симпатичної системи, і водночас зростання показників LF, HF, що свідчить про наростання стресу [51].

4.1.2. Визначення електрошкірних характеристик мікрозон у осіб у позаергатичному навчальному середовищі

Виміри ЕШХ виконувалися, як це описано в п. 2.2.3. Проведено статистичну обробку отриманих даних, відповідно до [19, 21]. Встановлено, що отримані дані мають переважно нормальний розподіл. Отже, статистичний аналіз даних можна проводити параметричними методами.

На першому етапі, результати вимірювань були оброблені загальноприйнятим для методів Накатані і ЦІТО методом. Для кожного учасника були обчислені середні значення ЕШХ вимірювань, виконаних до



заняття, потім після заняття. Зміна ФС студентів контрольної групи в результаті навантаження у вигляді навчального заняття викликало пониження середнього значення ЕШХ.

Для перевірки виду розподілу даних, визначені вибіркові характеристики: середнє, середнє гармонійне, середнє геометричне, мода, медіана, асиметрія, ексцес тощо. Встановлено, що отримані дані мають переважно нормальний розподіл. Отже, статистичний аналіз даних можна проводити параметричними методами (дод. Г 2.1).

На першому етапі, результати вимірювань були оброблені загальноприйнятим для методів Накатані і ЦІТО методом. Для кожного учасника були обчислені середні значення ЕШХ вимірювань, виконаних до заняття, потім після заняття. Зміна ФС студентів контрольної групи в результаті навантаження у вигляді навчального заняття викликало пониження середнього значення ЕШХ. Обчислення дозволяють охарактеризувати вид розподілу даних як нормальний. Подібність дисперсій дозволяє провести оцінку відмінностей між вихідними і результуючими вимірами за допомогою t-критерію Стьюдента. Він дорівнює 0,01, що говорить про достовірної різниці між вихідними та підсумковими масивами значень ЕШХ учасників. У відсотковому відношенні вона становить 7,01 %. Це - величина загального зниження показань ЕШХ, без урахування змін показників окремих функціональних систем учасників.

Зміна ФСт студентів контрольної групи в результаті навантаження у вигляді навчального заняття викликало пониження середнього значення ЕШХ. Метод визначення ЕШХ в інтерпретації Й. Накатані або ЦІТО Н. Нечушкіна припускає, що свідчення ЕШХ кожної контрольної МЗ дають кількісну характеристику стану певних органів і систем [222, 228]. Априорно автори цих методів вважали, що всі виміри окремих МЗ в нормі повинні прагнути до деякого загального для всіх МЗ значення, що визначається як їх середнє арифметичне [191].

При такому способі обробки результатів неможливо зробити висновок, в яких саме ФС організму відбулися найбільш значні зміни, що відбилися завдяки шкірно-вісцеральним зв'язкам у показаннях ЕШХ МЗ. Статистично достовірні

відмінності між первісним і кінцевим станом ЕШХ спостерігаються лише в трьох МЗ, симетрично справа і зліва: Р, V, VB (табл. 4.3-4.6).

У відповідності до запропонованого авторами метода обробки результатів вимірів ЕШХ МЗ, обчислювати вибіркові характеристики, проводити порівняння слід для тих даних, що відносяться до відповідних МЗ, для кожної окремо. За застосування критерію Стюдента виконано порівняння масивів ЕШХ МЗ, отриманих до та після занять в контрольній і досліджуваній групах.

Таблиця 4.3

**Показники електрошкірних характеристик контрольних мікрозон у осіб у ергатичній навчальній системі, праворуч (n=157)**

МЗ	До заняття	Після заняття	p
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$	
Р	33,97±3,54	31,76±3,09	0,05
МС	35,41±3,41	34,66±3,37	0,29
С	26,61±3,08	24,8±2,98	0,02
IG	24,59±3,78	22,77±3,24	0,02
TR	12,74±3,8	9,08±2,21	0,001
GI	14,77±3,73	12,07±2,53	0,01
RP	59,86±4,34	56,55±3,84	0,017
F	64,32±4,73	63,72±4,19	0,2
R	38,59±5,9	31±5,01	0,01
V	56,08±4,48	50,34±4,55	0,03

Встановлено, що розбіжності між початковими, отриманими до заняття в позаергатичному класі, та підсумковими параметрами ЕШХ МЗ, що виміряні після закінчення навчального часу, зареєстровані в контрольній групі, мають невеликий розкид.

**Показники електрошкірних характеристик контрольних мікрозон  
у осіб у ергатичній навчальній системі, ліворуч (n=157)**

МЗ	До заняття	Після заняття	р
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$	
Р	33,2±3,67	32,03±3,24	Р
МС	32,12±3,29	33,51±3,47	МС
С	28,09±3,32	27,36±3,36	0,1
ІG	26,28±3,81	22,46±3,25	0,02
TR	13,43±3,56	9,3±2,23	0,001
GI	14,65±3,66	10,89±2,42	0,001
RP	56,22±4,06	54,19±4	0,07
F	64,53±4,04	64,12±3,85	0,34
R	38,77±5,89	33,3±5,36	0,04
V	55,95±4,19	51±4,54	0,01
VB	23,73±3,97	20,35±3,15	0,05
E	35,05±5,18	33,68±5,75	0,36

Аналогічні розрахунки було проведено для ЕШХ МЗ у контрольній групі.

Таблиця 4.5

**Показники ЕШХ МЗ у осіб при роботі у позаергатичному класі,  
праворуч (n=74)**

МЗ	До заняття	Після заняття	р
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$	
1	2	3	4
Р	38,71±3,53	35,29±3,16	0,05
МС	39±2,64	37,86±3,39	0,29
С	31,57±2,77	30,29±3,13	0,2

1	2	3	4
IG	29,71±3,41	28±3,8	0,22
RP	53,86±4,65	51,86±4,26	0,17
TR	18,23±4,61	17±3,56	0,25
GI	20±4,55	18±3,7	0,25
F	64,86±4,3	62,14±4,2	0,2
R	41,86±5,1	40±5,26	0,16
V	51,14±4,56	46,29±4,51	0,03
VB	22±3,29	19,29±2,93	0,03
E	35,01±3,97	34,71±5,62	0,46

МЗ IG має статистично достовірні відмінності між початковим і кінцевим станом лише на лівій стороні тіла.

Таблиця 4.6

**Показники ЕШХ МЗ у осіб при роботі у позаергатичному класі, ліворуч  
(n=74)**

МЗ	До заняття	Після заняття	p
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$	
1	2	3	4
P	33,2±3,67	32,03±3,24	0,05
MC	32,12±3,29	33,51±3,47	0,1
C	35,86±3,49	33,14±3,04	0,1
IG	31,86±3,87	27,71±3,7	0,08
TR	15±4,21	14,83±3,19	0,06
GI	16±4,62	17,29±3,68	0,03
RP	52,43±4,08	52,29±4,21	0,47

1	2	3	4
F	63,86±3,6	65±3,83	0,34
R	42,14±4,9	40±4,87	0,05
V	53,43±4,55	49,14±4,93	0,01
VB	25,71±3,7	23±2,79	0,05
E	36,71±4,29	37,86±6,04	0,36

За вибілковими характеристиками встановлено, що вид розподілу даних досліджуваної групи також має нормальний характер; порівняння середніх за допомогою критерію Стюдента явили статистично достовірну різницю, з рівнем значущості  $p < 0,05$ , в P, TR, GI, R, V, VB симетрично, IG – зліва, RP – справа. Для даних досліджуваної групи також були розраховані відсотки відхилень між початковими та кінцевими значеннями ЕШХ МЗ для точок, що мають статистично достовірну різницю середніх, з рівнем значущості  $p < 0,05$ .

Максимальний розкид середніх 30,8 %; середній – 9,8 %, отже, вищий за статистичну похибку. Візуалізація даних дала можливість наочно визначити різниці між результатами контрольної і досліджуваної груп. (рис. 4.1). На зображеннях помітно, що значна кількість відрізків, поєднуючих середні багатьох МЗ контрольної групи, майже співпадають; в той же час аналогічні відрізки, що поєднують ЕШХ МЗ досліджуваної групи, мають помітний розкид.

За умов першого етапу дослідження, контрольну і досліджувану групу складав один і той самий колектив учасників. Була перевірена наявність відмінності між вимірами ЕШХ МЗ цих осіб до початку заняття і за результатами заняття. Рівень значущості розбіжностей початкових параметрів ЕШХ МЗ у контрольної і досліджуваної групах склав  $p < 0,2$ , тобто це вірогідність, що дані належать до однієї генеральної сукупності. Перевірка схожості підсумкових параметрів ЕШХ МЗ для цих двох груп: вони можуть належать до однієї генеральної сукупності з вірогідністю  $p < 0,004$ .

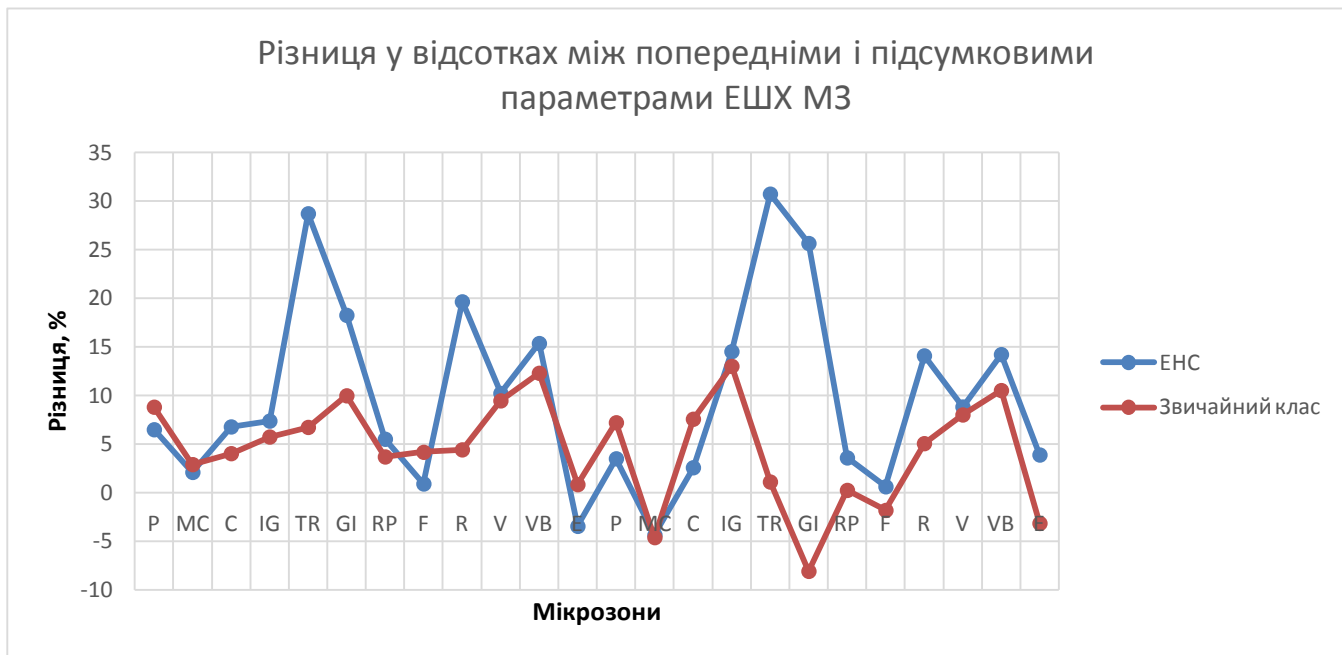


Рис. 4.1. Графічне зображення різниць середніх значень ЕШХ МЗ осіб, що працювали у звичайному та ергатичному навчальних класах

Кінцеві параметри мають значні розбіжності. Найбільших змін у досліджуваній групі зазнали середні значення наступних МЗ: P, C, IG, TR, GI, RP, F, V, VB; максимальні зміни – 30,8 % від початкового рівня.

Найбільших змін у контрольній групі зазнали середні значення наступних МЗ: P, IG, TR, GI, V, VB; максимальні зміни – 13,0 % від початкового рівня.

Порівняння середніх за допомогою критерію Стьюдента виявили статистично достовірну різницю, з рівнем значущості  $p < 0,05$ , в P, TR, GI, R, V, VB симетрично, IG – зліва, RP – справа. Для даних досліджуваної групи максимальний розкид середніх досягав 30,8 %; середній – 9,8 %, отже вищий за статистичну похибку.

Рівень значущості розбіжностей початкових параметрів ЕШХ МЗ у контрольній і досліджуваній групах склав  $p < 0,2$ , тобто це вірогідність, що дані належать до однієї генеральної сукупності. Перевірка схожості підсумкових параметрів ЕШХ МЗ для цих двох груп: вони можуть належать до однієї генеральної сукупності з вірогідністю  $p < 0,004$ . Кінцеві параметри мають значні розбіжності.

Умови проведення першого етапу дослідження за участі одних і тих самих осіб у якості і контрольної і досліджуваної групи надали змогу встановити, що виконання особами роботи у вигляді навчальної діяльності становить певне навантаження на ФС осіб, що відбивається у параметрах такого чутливого до змін ФС метода як реєстрація ВСР учасників дослідження. Воно проявляється як невелике превалювання активності парасимпатичного відділу ВНС.

Статистичний аналіз даних методами варіаційної статистики і їх візуалізація підтвердили наявність різниці у підсумкових параметрах ЕШХ МЗ, зареєстрованих у однієї і тієї ж групи осіб при роботі в ергатичному навчальному середовищі і у позаергатичному класі. За даними ЕШХ МЗ, підтвердилося припущення, що навантаження на ФС людини що його створює ЕНС, відмінне від навантаження що викликає схожий вид діяльності людини – навчання, але без ЕНС.

4.2. Другий етап вимірів. Визначення функціонального стану осіб за допомогою варіабельності серцевого ритму, реовазографії, електрошкірних характеристик мікрозон та теста Спілбергера-Ханіна в ергатичному навчальному середовищі

4.2.1. Визначення параметрів функціонального стану осіб за допомогою варіабельності серцевого ритму

Дослідження виконувалося в контрольній та досліджуваній групах. Учасникам обох групи проводився запис показників ВСР і ЕШХ МЗ до початку роботи в ергатичній системі і після її закінчення. Статистична обробка отриманих даних проведена методами варіаційної статистики, що дозволило виявити відмінності між показниками ВСР у групах.

За підсумками заняття, змін і в контрольній і в досліджуваній групах зазнали статистичні характеристики динамічного ряду кардіоінтервалів RMSSD, pNN50, SDNN, а також спектральні – TP, VLF, LF, HF.

**Характеристики ВСР осіб, які працювали позаергатичному  
навчальному класі (n=74)**

Показник	Значення до заняття	Значення після заняття	Різниця, %	р
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$		
SDNN, мс	66,11 $\pm$ 2,77	68,88 $\pm$ 3,4	4,2	0,07
RMSSD, мс	45,09 $\pm$ 2,9	48,51 $\pm$ 3,98	7,62	0,05
pNN50 %	22,07 $\pm$ 1,93	25,04 $\pm$ 2,54	10,34	0,04
TP, мс <sup>2</sup>	4466,95 $\pm$ 178,07	4883,62 $\pm$ 110,73	0,33	0,02
VLF, мс <sup>2</sup>	2008,15 $\pm$ 106,17	2186,57 $\pm$ 162,03	8,91	0,06
LF, мс <sup>2</sup>	1929 $\pm$ 152,82	1687,69 $\pm$ 107,35	-12,6	0,04
HF, мс <sup>2</sup>	1029,8 $\pm$ 137,34	1009,36 $\pm$ 213,65	-1,99	0,05

Таблиця 4.8

**Характеристики ВСР осіб, які працювали ергатичному  
навчальному класі (n=157)**

Показник	Значення до заняття	Значення після заняття	Різниця, %	р
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$		
SDNN, мс	63,56 $\pm$ 2,35	68,39 $\pm$ 3,03	7,6	0,05
RMSSD, мс	41,98 $\pm$ 2,34	49,02 $\pm$ 3,58	16,79	0,007
pNN50 %	20,49 $\pm$ 1,30	24,37 $\pm$ 1,96	18,93	0,006
TP, мс <sup>2</sup>	4736,65 $\pm$ 101,39	5474,51 $\pm$ 156,5	15,58	0,01
VLF, мс <sup>2</sup>	1774,93 $\pm$ 140,1	2024,27 $\pm$ 135,56	14,05	0,05
LF, мс <sup>2</sup>	1732,42 $\pm$ 163,62	2027,9 $\pm$ 156,31	17,06	0,04
HF, мс <sup>2</sup>	1155,26 $\pm$ 169,89	1300,73 $\pm$ 209,7	12,59	0,05



У досліджуваній групі зміни мають різнонаправлене спрямування. Зростання SDNN вказує на посилення автономної регуляції на ритм серця, що зазвичай пов'язано з ослабленням симпатичної регуляції, зростанням парасимпатичної. Показники RMSSD і pNN50 % визначаються впливом парасимпатичного відділу ВНС і є відображенням синусової аритмії, пов'язаної з диханням.

Загальна потужність TP спектра частот від 0.015 до 0.15 Гц, що виражає сумарну активність впливу вегетативної нервової системи на серцевий ритм, зросла. Зростання відбулося у всіх діапазонах спектру, особливо істотно зріс показник потужності спектра низьких хвиль LF.

Зростання в діапазоні VLF відображає підвищення активності найповільнішої системи регуляції кровообігу – гуморально-метаболическої. Низькочастотна частина спектру, LF, відображає зміну стану симпатичної регуляції серцево-судинної системи барорефлекторної природи, яка активується при стресі.

Потужність високочастотних коливань HF залежить від психо-емоційного напруження, характеризує вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр і є маркером ступеня зв'язку автономних рівнів регуляції кровообігу з надсегментарними, у тому числі з гіпофізарно-гіпоталамічним і кірковим рівнем. Потужність в цьому діапазоні, в основному, пов'язана з дихальними рухами і відображає вагусний контроль серцевого ритму (парасимпатична активність).

Амплітуда моди,  $A_m$ , що відображає стабілізуючий ефект централізації управління ритмом серця, показала зниження числа кардіоінтервалів, відповідних значенням моди, у відсотках до обсягу вибірки, майже на 7%. Знизився індекс напруженості регуляторних систем. Цей чутливий до стану ВНС показник характеризує активність симпатичного відділу ВНС. Зріс показник ширини скаттерограми  $W$ , що означає збільшення її розсіювання.

Знизилися індекс вегетативного рівноваги ІВР і вегетативний показник ритму ВПР.

Незважаючи на зростання показників як симпатичної, так і парасимпатичної регуляції ССС, симпато-вагальний індекс, LF / HF, що характеризує співвідношення або баланс симпатичних і парасимпатичних впливів на ритм серця, зріс лише на 6,3 %.

Це свідчить про невеликий зсув вегетативного балансу в бік домінування симпатичного відділу ВНС, що властиво стресовому стану організму. Підсумком заняття в комп'ютерному класі, в ергатичній навчальній системі, стала активізація як симпатичного, так і парасимпатичного відділів ВНС (дод. Г 2.2).

У контрольній групі зміни показників ВСР відбивали підвищення активності парасимпатичного відділу ВНС; це відображено у табл. 4.1 і 4.7.

У зв'язку з тим, що динаміка показників ВСР в досліджуваній групі мала неспецифічний характер [8, 177], а саме: різноспрямована зміна показників активності симпатичного і парасимпатичного відділів ВНС, була проведена перевірка, чи не є така зміна проявом реакцій різних типів ВНС студентів.

За значенням Індексу напруженості систем Баєвського ІН (SI), всі обстежені особи були розділені на 3 групи. Перша група складалася з ваготоніків, у яких індекс напруги був менше 30 умовних одиниць. До другої групи (нормотоніків) були віднесені особи, у яких індекс напруги знаходився в межах від 30 до 90 умовних одиниць. Симпатикотоніки, що мали індекс напруги понад 90 умовних одиниць, склали третю групу.

В досліджуваній групі було 51 симпатикотонік, 31 ваготонік і 6 нормотоніків. У середині груп студентів, розділених за ознакою ваго-нормо-симпатикотонії, зміни показників ВСР зберігали різноспрямованість змін, тобто таке явище не пов'язане з симпатико-, нормо-, або ваготонією учасників. Перевірка конкордації між показниками Баєвського, визначеними до заняття і після, не виявила узгодженості змін ознак: коефіцієнт конкордації  $W = 0,02$ ;  $p = 0,26$ . Це говорить про різноскерованість змін показників, незважаючи на величину коефіцієнта кореляції Спірмена  $r = 0,4$ ;  $p = 0,02$  між ними.

Поділ на гендерні групи студентів досліджуваної групи також не показав вибіркості змін показників ВСР. Кількість дівчат, у яких значення індексу

Баєвського виросло після заняття, дорівнює 17, або 35,4 % від загального числа дівчат; юнаків - 21, або 47,7 % від загального числа юнаків. Знизилося у 31, або 64,6 % дівчат і у 23, або 64,6 % юнаків. Осіб, у яких би індекс Баєвського в результаті заняття не змінився, не було. Їх кількість ніяк не пов'язана з кількістю симпатикотоніків, ваго- і нормотоніків серед учасників дослідження. Пояснити різноспрямованість змін показників активності центральної і автономної систем регуляції ВНС характерними реакціями перерахованих груп учасників не можна.

Поділ всіх учасників дослідження на гендерні групи не дав істотних змін в характеристиках ВСР (дод. Г 2.3); параметри ВСР обох гендерних груп проявляють як ознаки підвищення активності симпатичного, так і парасимпатичного відділів ВНС [46].

Діяльність ВНС перебуває під впливом ЦНС. У довгастому мозку розташований серцево-судинний центр, який об'єднує парасимпатичний, симпатичний і судиноруховий центри. Регуляція цих центрів здійснюється підкірковими вузлами і корою головного мозку.

Активувалася гуморально-метаболична система регуляції кровообігу; підвищився рівень барорефлекторної регуляції серця, що властиво стресу. Рівень впливу вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр, відбиває зв'язок між центральними, надсегментарними, і автономними рівнями регуляції, а також з гіпофізарно-гіпоталамічними і кірковими рівнями регуляції, зріс у досліджуваній групі. Знизилися рівні ІВР і ВІР, що свідчить про зростання активності симпатичного відділу ВНС.

Зросла недихальна аритмія, що відбиває ширина скатерограми. Водночас, зросли показники RMSSD, pNN50, SDNN, що означає активізацію парасимпатичного відділа ВНС.

За даними ВСР, в результаті роботи в ергатичній системі «людина-комп'ютер» у учасників дослідження проявилися ознаки порушення узгодженості функціонування систем центральної та автономної регуляції ВНС. Робота в навчальному класі без комп'ютерної техніки привела до активізації парасимпатичного відділу ВНС.

Робота в ЕНС вплинула на структури: серцево-судинний підкірковий центр, кору мозку, гіпофіз, гіпоталамус, кіркові утворення, що відповідають за першу і другу сигнальні системи, підкіркові вузли, довгастий мозок, лімбічну систему.

Робота у позаергатичному середовищі незначною мірою вплинула на кіркові утворення, гуморально-метаболичну систему регуляції кровообігу, зростання зв'язку між автономними і над сегментарними рівнями регуляції кровообігу.

Оскільки розбіжність між умовами моделей класів складають технічні засоби і навколишнє середовище ЕНС, розбіжності між змінами ВСР осіб у ергатичному і позаергатичному робочому середовищі можна вважати впливом ЕНС на ФСт осіб.

Імерсивність, інтерактивність, поглинання уваги особи, є відмінною властивістю ергатичних комп'ютерних середовищ, що знайшло своє відображення у зміні ФСт осіб.

4.2.2. Оцінювання функціонального стану серцево-судинної системи за допомогою методу реовазографії судин верхніх кінцівок

Метод РВГ верхніх кінцівок було обрано у якості допоміжного до методу ВСР, оскільки, за умовами нашого дослідження, учасники мають тривалий час знаходитись у певній статичній позі, що характеризується зігнутими у ліктях верхніми кінцівками. За даними параметрів РВГ, виявилися функціональні відхилення в стані периферичного кровообігу; ці відхилення були різні на лівому і правому передпліччі.

Праве передпліччя виявило більшу стійкість до прикладеного навантаження. Міжамплітудний показник діастолічної хвилі, що характеризує венозний відтік, залишився стабільним на правій руці і знизився на лівій. Міжамплітудний коефіцієнт інцизури, що дає уявлення про стан периферичного судинного опору, виріс на правому передпліччі і залишився стабільним на лівому.

## Зміни показників реографії у осіб під впливом роботи в ЕНС

(n=157)

Параметр	Справа	%	Зліва	%
Міжамплітудний показник діастолічної хвилі	б/з	0	↓	30*
Міжамплітудний коефіцієнт інцизури	↑	15*	б/з	0
Час швидкого кровонаповнення	б/з	0	↓	21,4*
Коефіцієнт периферичного опору	б/з	0	↓	14*
Кровонаповнення судин мілкового калібру	б/з	0	↑	13*
Тонус середніх і мілких артеріол	↑	15*	↑	15*
Асиметрія кровонаповнення мілких судин	↑	40*	↑	40*

Примітка: \* p &lt; 0,05

Час швидкого кровонаповнення, знизився на лівому передпліччі і залишився незмінним на правому.

На лівому передпліччі знизився коефіцієнт периферичного опору, що відображає тонус артеріол, але підвищилося кровонаповнення судин дрібного калібру, і зріс тонус середніх і дрібних артеріол, праворуч і ліворуч. Особливо значно виросла асиметрія кровонаповнення дрібних судин. Зрозуміло, що під час роботи за комп'ютером ліва рука працює тільки з клавіатурою, а права відчуває постійну статичне навантаження на одні й ті ж м'язи, керуючи маніпулятором-мишкою. Суб'єкт навчання «стежить» рухами правої руки за подіями на екрані.

Дані змін РВГ досліджуваної групи були узагальнені за гендерною ознакою (дод. Г 2.4, Г 2.5).

Напрями змін таких показників РВГ, як міжамплітудний показник діастолічної хвилі, час швидкого кровонаповнення, коефіцієнт периферичного опору, міжамплітудний коефіцієнт інцизури, кровонаповнення судин дрібного калібру в групах юнаків і дівчат були різноспрямовані.

В групі юнаків міжамплітудний показник діастолічної хвилі - характеристика венозного відтоку, час швидкого кровонаповнення, - характеристика ударного об'єму серця і пружності стінок великих судин, коефіцієнт периферичного опору. В ході роботи в навчальному класі у юнаків знизився венозний відтік судин верхніх кінцівок, знизився ударний об'єм серця і відповідно послабилася пружність стінок великих судин, знизився тонус артеріол верхніх кінцівок.

В групі дівчат тонус артеріол верхніх кінцівок, ударний об'єм серця, пружність стінок великих судин не змінилися. Зріс коефіцієнт інцизури, що може свідчити про зниження тонузу судин і збільшення кровонаповнення судин мілкового калібру. Асиметрія кровонаповнення дрібних судин і зростання тонузу середніх і дрібних артеріол в групах юнаків і дівчат виявилися рівними.

На обох кінцівках збільшилися тонус середніх і дрібних артеріол і асиметрія кровонаповнення дрібних судин. Міжамплітудний показник діастолічної хвилі, що характеризує венозний відтік, залишився стабільним на правій руці і знизився на лівій більш ніж на 30%.

Загальний висновок про кінцевий стан периферичного кровообігу студентів, що провели навчальне заняття в ЕНС, за показниками реографії [88]: венозний відтік утруднений по дефіцитному типу зліва, асиметрія кровонаповнення дрібних судин значної міри (різниця вище 25 %).

#### 4.2.3. Оцінювання функціонального стану осіб за допомогою електрошкірних характеристик мікрозон в ергатичному навчальному класі

В досліджуваній групі, для оцінки змін ФС студентів в ергатичній системі, був застосований розроблений нами метод, заснований на описаному нами «Явищі стабільності середніх значень ЕШХ МЗ».

Збір, накопичення і обробка результатів виконувалися відповідно до інформаційних листів, виданих автором (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

#### Електрошкірні характеристики мікрозон осіб що працюють у звичайному класі, до початку та по закінченню роботи

(n=74)

МЗ	МЗ правої сторони тіла			МЗ лівої сторони тіла		
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$	p	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$	p
P	34±3,54	31,8±3,67	0,05	33,2±3,09	32±3,24	0,05
MC	35,4±3,41	34,7±3,29	0,09	32,1±3,37	33,5±3,47	0,09
C	26,6±3,08	24,8±3,32	0,06	28,1±2,98	27,4±3,36	0,07
IG	24,6±3,78	22,8±3,81	0,04	26,3±3,24	22,5±3,25	0,001
TR	12,7±3,8	9,1±3,56	0,001	13,4±2,21	9,3±2,23	0,002
GI	14,8±3,73	12,1±3,66	0,004	14,6±2,53	10,9±2,42	0,001
RP	59,9±4,34	56,6±4,06	0,06	56,2±3,84	54,2±4	0,07
F	64,3±4,73	63,7±4,04	0,07	64,5±4,19	64,1±3,85	0,09
R	38,6±5,9	33±5,89	0,03	38,8±5,01	33,3±5,36	0,001
V	56,1±4,48	50,3±4,19	0,02	55,9±4,55	53,7±4,54	0,05
VB	22±3,85	18,6±3,97	0,02	23,7±3,41	20,4±3,15	0,001
E	31,5±4,93	32,6±5,18	0,08	35,1±5,69	33,7±5,75	0,05

При візуалізації середніх значень з'ясувалося, що значення ЕШХ МЗ правої сторони тіла, подібні лівій стороні (рис. 4.2).

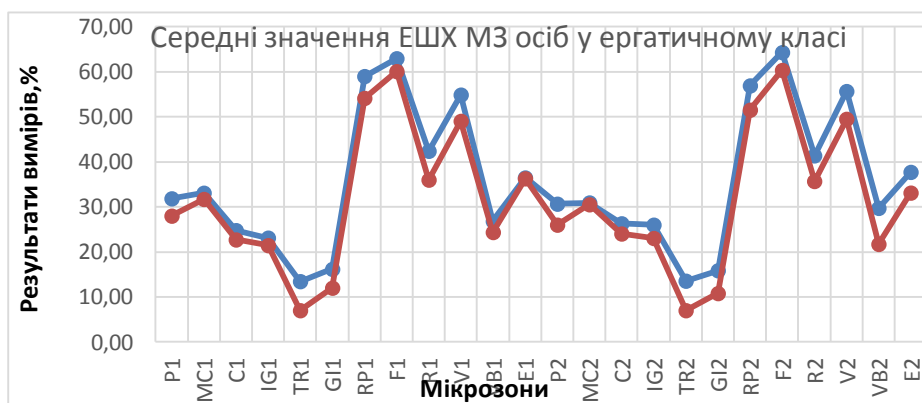


Рис. 4.2. Графіки ЕШХ МЗ осіб досліджуваної групи, виміряних до і після заняття

Оскільки параметри ВСР та РВГ мають гендерні відмінності, було перевірено також наявність таких відмінностей у ЕШХ МЗ учасників дослідження (рис. 4.3).

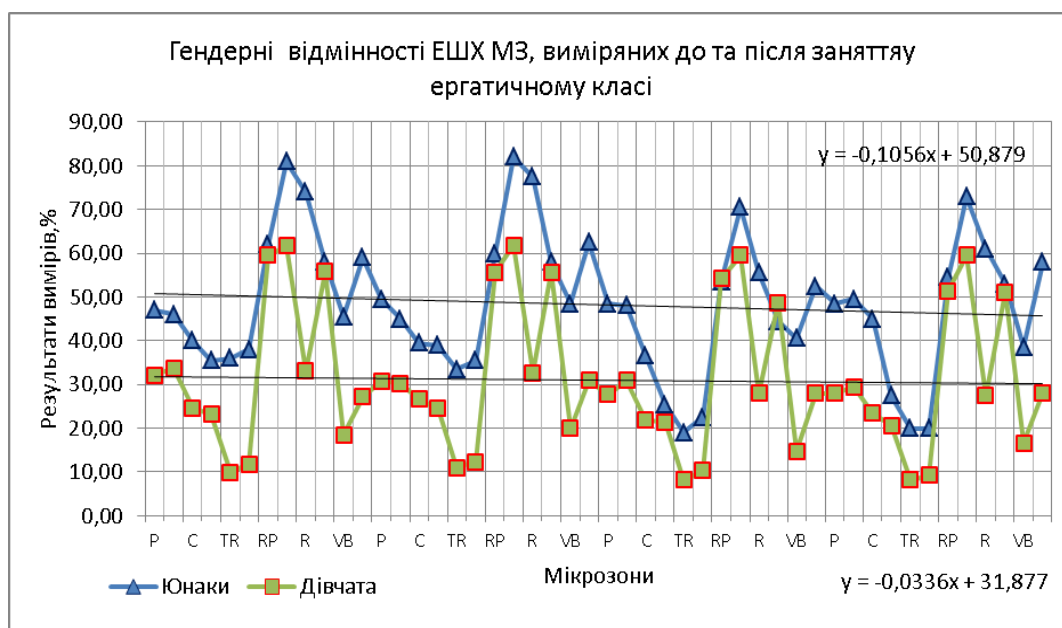


Рис. 4.3. Гендерні відмінності показників ЕШХ МЗ осіб, які працювали в ергатичній навчальній системі

Лінія з трикутними маркерами – ЕШХ МЗ учасників дослідження чоловічої статі; з квадратними – ЕШХ МЗ учасників жіночої статі. Середні значення в масиві даних, що описують ЕШХ МЗ юнаків, помітно вище, ніж дівчат. ЕШХ МЗ дівчат після заняття змінилися менше, ніж ЕШХ МЗ юнаків. Константи рівнянь ліній тренда відображають загальну середню для кожного графіка.



Тангенс кута нахилу лінії тренду, проведеної до графіка юнаків, в три рази більше, ніж тангенс кута нахилу графіка дівчат. Негативна величина говорить про зменшення параметрів у другій частині графіка, що відображає середні значення ЕШХ, визначених після заняття в комп'ютерному класі. Найбільших змін зазнали середні значення наступних МЗ: Р, С, ІG, TR, GІ, RP, F, V, VB.

#### 4.2.4. Оцінювання ситуативної та особистісної тривожності за допомогою тесту Спілбергера-Ханіна

В ході дослідження, перед початком заняття в досліджуваній групі визначався вихідний психічний стан студентів. Це проводилося за допомогою тесту на визначення ситуативної та особистісної тривожності «Шкала самооцінки Спілбергера-Ханіна» [18]. За допомогою цього тесту можна визначити тривожність як пов'язану з конкретною зовнішньою ситуацією, так і є стабільним властивістю особистості (табл. 4.11).

*Таблиця 4.11*

#### **Приклад реєстрації вповідей учасників дослідження на питання тесту Спілбергера-Ханіна, розрахункові бали та розподіл осіб за групами тривожності (n=157)**

№	Стать	Дата	1	2	...	39	40	Ст	От	Група ст	Група от
1	Ч	21.трав	2	2	...	3	2	36	35	1	1
2	Ч	21.трав	3	3	...	3	2	31	37	1	1
3	Ч	21.трав	1	4	...	2	3	32	62	1	3
4	Ж	21.трав	2	2	...	1	3	56	65	3	3
5	Ч	21.трав	2	2	...	1	2	42	42	2	2
6	Ж	21.трав	4	4	...	4	3	28	43	1	2
7	Ч	21.трав	4	2	...	3	1	26	25	1	1

За результатами отриманих значень ситуативної та особистісної тривожності, кожен опитаний був віднесений до 1, 2 або 3 групи тривожності, згідно з наведеними у п. 2.3.4 правилами розрахунку.

У подальшому статистичному аналізі використовувалися лише підсумкові дані, що визначають групи ситуативної та особистісної тривожності, до яких, за результатами тесту, були віднесені учасники дослідження.

#### 4.3. Статистичний аналіз показників параметрів функціонального стану особи в комп'ютерній ергатичній системі

##### 4.3.1. Визначення кореляційних взаємозв'язків між електрошкірними характеристиками, параметрами реовазографії та варіабельності серцевого ритму учасників дослідження

Відповідно до дизайну дослідження, були отримані дані щодо ЕШХ МЗ і РВГ до заняття в ЕНС та після. Проведені дослідження кореляційних зв'язків між параметрами окремо для обох цих наборів даних.

Параметри ЕШХ МЗ мають нормальний розподіл; параметри РВГ розподілені ненормально, отже, слід використовувати непараметричні методи. Кореляція Спірмена була обрана для наших цілей, оскільки для її застосування немає необхідності робити будь-які припущення щодо виду розподілу даних.

Загалом, попередні значення ЕШХ МЗ і РВГ мають невисоку кореляцію, що не перевищує 0,45; це кореляція слабкого та середнього ступеня. У середньому значення коефіцієнта кореляції Спірмена складає  $r = 0,38 \pm 0,07$ .

Можна зауважити, що параметри попереднього стану периферичного кровообігу слабо пов'язані з параметрами ЕШХ.

Були обраховані відносні зміни показників РВГ. Оскільки попередні параметри ЕШХ і РВГ не мали стабільних кореляцій між собою, кореляції між відносними змінами контрольованих параметрів ФСт також є невизначні і нестабільні.

У підсумкових наборах даних були виділені декілька найбільш сильно корелюючих між собою ( $r$  від 0.54 до 0.65) показників РВГ і ЕШХ МЗ. На наш погляд, узгодженість змінених параметрів що виникає після роботи в ЕНС можна пояснити саме впливом ЕНС на ФСт особи (табл. 4.12,  $n=157$ ).

Таблиця 4.12

**Значення кореляції між показниками РВГ верхніх кінцівок і ЕШХ МЗ\***

	Р	С	TR	GI	RP	V
Час шв. К/Н	0,44	-0,47	0,48	0,46		-0,54
Фаза пул. хв.		0,55	0,5			
К. периф. опору м.		0,55	0,5			
М/А показ. ДВ		0,43	0,42			
М/А показ. інц.		0,56	0,47			
Баз. імпеданс			-0,45	-0,46	0,45	0,47
Час повільн. К/Н	0,43				-0,42	-0,53
Кровонаповн. м.	0,43	0,53			-0,44	-0,63
Тонус кр. арт. м.	0,49	0,5				-0,45

Примітка: \* $p < 0,05$ .

Тобто, під впливом середовища ЕНС у периферичному кровообігу відбуваються не відносні зміни, а параметри набувають певних значень; однак, вони такі, що мають досить великий розкид [89].

Найбільш вираженою виявилася кореляційна залежність підсумкових показників РВГ і ЕШХ в наступних МЗ: Р,С,TR,GI,RP,V, переважно справа. Перевірка виду розподілу даних ВСР показала, що параметри мають як нормальний, так і ненормальний розподіл. Тому для проведення статистичної обробки результатів були обрані непараметричні методи, а саме обчислення коефіцієнта кореляції Спірмена.

Кореляційні зв'язки між початковими параметрами ВСР і ЕШХ, як і у випадку з РВГ, виявилися слабкими:  $r=0.45 \pm 0,03$ . Серед показників ВСР, виміряних після заняття, кореляції були вищими.

Знайдено декілька найбільш сильно корелюючих між собою (коэф. кореляції Спірмена  $r = 0,72$ ,  $p < 0,01$ ) показників ВСР і ЕШХ МЗ.

Найбільш вираженою виявилася кореляційна залежність з показниками ВСР в наступних мікронах: МС, С, Р, V, VB. Корелюють з вимірами ВСР параметри ЕШХ переважно правої сторони тіла (табл. 4.13).

Таблиця 4.13

**Зв'язок між підсумковими середніми показниками ВСР та ЕШХ МЗ,  
встановлений на основі кореляції (n=157)**

Корелюючі параметри	Spearman	p-value	Корелюючі параметри	Spearman	p-value
Р прав. & HR	-0,58	0,01	С прав. & TP	-0,72	0,00
Р прав. & VLF	0,57	0,01	С прав. & LF/HF	-0,53	0,05
Р прав. & PNN50	0,55	0,04	С прав. & TP	-0,72	0,00
Р прав. & TP	-0,62	0,00	V прав. & HR	0,60	0,02
МС прав. & HR	-0,66	0,00	V прав. & VLF	-0,59	0,02
МС прав. & VLF	0,65	0,00	V прав. & SDNN	-0,55	0,05
МС прав. & RMSSD	0,56	0,04	V прав. & RMSSD	-0,60	0,02
МС прав. & PNN50	0,58	0,03	V прав. & PNN50	-0,51	0,02
МС прав. & HF	0,57	0,03	V прав. & HF	-0,55	0,04

Проведено перевірку узгодженості змін параметрів ВСР і ЕШХ методом множинної кореляції - конкордації.

Коефіцієнт конкордації Кендала між підсумковими показниками ВСР і ЕШХ МЗ становить  $W = 0,75 \div 0,87$  при ранговому коефіцієнті кореляції  $r = 0,74 \div 0,87$ ;  $p < 0,01$ .

Методи ВСР і РВГ дозволяють контролювати параметри стану однієї і тієї ж самої ФС організму – серцево-судинної. Вимірювані параметри стану ССС, отримані завдяки цим методам, явили однаковий спосіб змін під впливом роботи

осіб в ЕНС. Перед початком заняття, в умовах відсутності впливу середовища ЕНС на ФС осіб, кореляції між ними були більш слабкими.

По закінченні роботи особи в ЕНС, під впливом отриманого нею навантаження, що складалось (див. рівняння (3.3)), зі змісту інформаційного системокванта, умов оточуючого середовища, впливу технічних та програмних засобів проведення заняття, зусиль особи для виконання завдання, тобто поведінкового системокванта, відбулася певна синхронізація параметрів ФС особи, і показники коефіцієнту кореляції між окремими параметрами ФСт, отриманими різними способами, достовірно зросли.

У відповідності до рівняння (3.3), що являє принцип суперпозиції впливів компонентів ЕНС на ФС особи, при якому результуючий ефект еквівалентний сумі ефектів, що зумовлені окремо кожним з них, результуючий вплив на ФС призвів до узгоджених змін в організмі особи. Причому, вплив є досить сильним, таким, що змусив змінитись попередні параметри, які відбивали стабільний попередній ФСт особи.

Зміни ФСт осіб в контрольній групі, зафіксовані за допомогою ВСР, ілюструють слабе гальмування симпатичного відділу і зростання активності парасимпатичного відділу ВНС, що властиве стану заспокоєння, невеликої втоми [3, 4].

Збіг у складових, які впливають на загальний ФСт осіб що навчаються в ЕНС та без такої, становить лише вектор  $\overrightarrow{A(EES)}$ . Він являє собою сумарний зміст та напрямок змін у ФСт особи, що їх формує поведінковий системоквант. Вектори  $\overrightarrow{I(EES)}$  і  $\overrightarrow{J(EES)}$  притаманні ЕНС.

Оскільки зміни ФСт осіб з досліджуваної групи, що їх відбили показники ВСР, ілюструють різнонаправлені процеси одночасного гальмування і збудження різних відділів ВНС [3, 4], можна припустити, що така реакція є результатом впливу саме ЕНС, з її навколишнім середовищем і специфічними особливостями підвищеної імерсивності, у порівнянні з паперовими носіями інформації, що застосовуються при навчанні без використання ЕНС.

Параметри ФСт, що виміряні після заняття, мають більшу кореляцію між собою порівняно з рівнями кореляції між попередніми параметрами [79, 90]. Можна зауважити, що під впливом роботи у ЕНС стан ССС змінюється таким чином, що, по-перше, відбиває втому особи від певного виду роботи і впливу середовища ЕНС, по-друге, являє собою такі зміни ФСт домінуючих ФС організму, що сприяють найбільш ефективній праці особи в ЕНС [2].

Завдяки узгодженості змін ФС організму, що перевірено за допомогою кореляційного аналізу параметрів ВСР, РВГ та ЕШХ МЗ, цей метод адекватно передає поточні зміни ФСт організму. При появі підпорогових стимулів, на стадіях тренування, слабкої, середньої активації, коли, з точки зору теорії функціональних систем, не відбувається руйнування поточної домінуючої системи і утворення нової, параметри ЕШХ під впливом навантаження знижуються. При стресових рівнях активації адаптаційних систем організму параметри ЕШХ зростають по відношенню до попередніх, що відбиває здатність організму зруйнувати попередню домінуючу ФС і створити нову, яка дасть організму більший пристосувальний ефект у нових умовах що виникли.

Отже, застосовуючи систему контролю ФС особи за допомогою методу ЕШХ МЗ, за реакцією МЗ на різноманітні стимули і подразники, які впливають на особу, можна визначити, як само і які окремі ФС організму працюють в кожний даний момент.

4.3.2. Визначення кореляційних взаємозв'язків між електрошкірними характеристиками та рівнями особистісної і ситуативної тривожності осіб в ЕНС

Для вірного вибору статистичних методів, що можуть бути застосовані при проведенні різноманітних видів статистичного аналізу отриманих даних, спершу треба перевірити їх вид розподілу [85]. Вид розподілу ЕШХ МЗ встановлювався для масиву даних кожної МЗ. Розподіл деякого цифрового масиву може вважатись нормальним, якщо виконується правило: середнє арифметичне приблизно дорівнює середньому геометричному і середньому гармонічному,

а також моді і медіані; коефіцієнти асиметрії і ексцесу за модулем не перевищують 2; мінімальні і максимальні значення приблизно рівновіддалені від середнього.

Вид розподілу параметрів всіх МЗ, за цими показниками, нормальний.

Результати тесту Спілбергера-Ханіна являють собою числові значення, визначені в ранговій шкалі, для показників якої існують лише порівняння типу «рівне - нерівне», або «більше - менше», але неможливі арифметичні дії, тобто неможна вираховувати вибіркові характеристики на кшталт середнього, моди, медіани і т.ін, адже у одиниць рангової шкали відсутня еквідістантність між діленнями [140].

Для перевірки ступеня кореляційної залежності між показниками особистісної та ситуативної тривожності учасників дослідження з їх ЕШХ МЗ був проведений кореляційний аналіз непараметричними методами, із застосуванням коефіцієнта кореляції гамма, оскільки результати тесту Спілбергера - Ханіна містять багато повторюваних значень. Коефіцієнт гамма-кореляції між величинами ЕШХ МЗ та рівнями тривожності коливається в межах  $| 0.33 - 0.5 |$ ,  $p < 0,05$ , середнього і незначного ступеня. Виражену кореляційну залежність проявили показники особистісної та ситуативної тривожності учасників з відносними різницями між показниками ЕШХ МЗ, виміряними до початку заняття і після нього. Різниці були обчислені за формулою:

$$\Delta ESHX_i = ESHX_{початкове_i} - ESHX_{кінцеве_i} \quad (4.1)$$

де  $i = 1 \div 12$ , - МЗ,  $ESHX_{початкове}$  - вимір ЕШХ МЗ до заняття,  $ESHX_{кінцеве}$  - вимір ЕШХ МЗ після заняття.

Особистісна і ситуативна тривожність людини знаходиться в прямій кореляційній залежності від змін ЕШХ тих МЗ, які показали найбільшу різницю своїх параметрів під впливом роботи людини в ЕС (табл. 4.14).

Поточні проблеми людини при її роботі в ЕНС впливають на ступінь зміни ФС, збільшуючи різницю показників ЕШХ МЗ, визначених до заняття і після.

**Взаємопов'язаність між відносними змінами ЕШХ МЗ та рівнями тривожності осіб, які працюють в ергатичному навчальному середовищі (n=157)**

Корелюючі параметри	Gamma	p-value	Корелюючі параметри	Gamma	p-value
Сит.трив. &ΔРправ	0,58	0,05	Особ.трив. &ΔСправ	0,67	0,01
Сит.трив. &ΔІГправ	0,68	0,02	Особ.трив. &ΔІГправ	0,86	0,00
Сит.трив. &ΔТRправ	0,79	0,01	Особ.трив.&ΔТRправ	0,73	0,01
Сит.трив. &ΔGІправ	0,85	0,00	Особ.трив. &ΔGІправ	0,77	0,00
Особ.трив. &ΔРправ	0,91	0,00	Особ.трив. &ΔСлів	0,73	0,01
Особ.трив. ΔМСправ	0,86	0,00	Особ.трив. &ΔFлів	-0,53	0,05

Представлено ті параметри, коефіцієнт кореляції для яких вище  $| 0.5 |$ , тобто кореляція середнього і високого ступеня.

Гамма-кореляція рівнів ситуативної та особистісної тривожності між собою становить 0,76,  $p < 0,05$ .

Для визначення тісноти зв'язку між довільним числом ранжованих ознак обраний множинний коефіцієнт кореляції (коефіцієнт конкордації).

Визначено: конкордацію  $W = 0,74$  при рівні значущості  $p < 0,001$  між відносною зміною параметрів ЕШХ в мікронах і рівнем особистісної тривожності учасників; конкордацію  $W = 0,68$  при рівні значущості  $p < 0,001$  між відносною зміною параметрів ЕШХ в мікронах і рівнем ситуативної тривожності учасників.



МЗ, що виявили найвищі рівні кореляції з рівнями особистісної та ситуативної тривожності: особистісна: P,MC,C,IG,TR,GI; ситуативна: P, IG, TR, GI.

Набори МЗ, що корелюють з цими двома параметрами, співпадають; відрізняються лише двома МЗ – MC і C у особистісної тривожності. В теорії електропунктурної діагностики [223, 229] їх параметри відносять до стану органів ССС. Оскільки рівень особистісної тривожності показав високу кореляцію зі зміною параметрів ЕШХ МЗ, що відносяться до певних ФС, а сама особистісна тривожність визначається типом вищої нервової діяльності, темпераментом, характером, вихованням і набутими стратегіями реагування на зовнішні чинники [136], можна припустити, що люди з відповідними перерахованими ознаками сильніше схильні до змін ФСт визначених ФС в результаті роботи в ЕНС.

#### 4.3.3. Кластерний аналіз параметрів функціонального стану осіб на основі ВСР, ЕШХ МЗ з урахуванням оцінювання підсумкового тестування

Метою створеної моделі ЕНС є навчання студента, отримання ним запланованих знань. Досягнення системою мети може бути вдалим або ні. Рівень результативності роботи ЕНС, ступінь досягнення мети визначається як оцінка студента за результати виконаної їм запланованої роботи. Наприкінці занять у ЕНС учасники дослідження проходили підсумкове тестування, з метою отримання неупередженої оцінки засвоєння навчального матеріала.

У тестуючій електронній системі RATOS 2.0 опитуваному виставляється традиційна оцінка й оцінка виражена у відсотках з розмахом 0÷100. Для проведення дослідження обрали оцінку у відсотках, як таку, що виміряна у інтервальної шкалі. Для всіх таких величин припустимі не тільки відносини "Рівно - Нерівно" і "Більше - Менше", але також і операції обчислення статистик. Для цієї шкали виконується правило еквідистантності, рівновіддаленості між сусідніми поділками шкали.

Перевірено конкордацію між попередніми, підсумковими параметрами ЕШХ МЗ і результатами тестування.

Коефіцієнт конкордації між попередніми вимірами ЕШХ МЗ і оцінкою за тестування: Coeff. of Concordance = ,38591 Aver. rank  $r = ,38023$   $p < 0,01$ .

Коефіцієнт конкордації між підсумковими вимірами ЕШХ МЗ і оцінкою за тестування: Coeff. of Concordance = ,64456 Aver. rank  $r = ,63969$   $p < 0,01$ .

Такі значення коефіцієнта конкордації разом з коефіцієнтом рангової кореляції говорять про узгодженості між середніми величинами вихідних значень ЕШХ МЗ, результуючими величинами ЕШХ і підсумковою оцінкою, отриманої студентом за заняття, що пройшло в ЕНС.

Для перевірки кластеризації, проведеної на основі параметрів ЕШХ МЗ, було виконано кластеризацію масива даних, на основі параметрів ВСП тих самих осіб, реєстрованих одночасно з реєстрацією ЕШХ, відповідно до умов дослідження. У якості даних, що відбивають ФСт особи, були використані вимір ЕШХ МЗ. У якості підсумка роботи особи у ЕНС застосовані оцінки підсумкового тестування у вигляді відсотків, що являють собою суму балів що студент отримав за вірні відповіді на запити тестів.

Отримані студентами оцінки були поділені на три такі діапазони: 40 балів і нижче – такі що не здали тест; 65 балів і вище – такі що отримали високу оцінку; всі інші. Були обчислені середні значення ЕШХ МЗ, виміряних до і після заняття, для кожної групи, на які були поділені студенти за балами тестування.

Середнє значення для попередніх і підсумкових вимірів ЕШХ МЗ проводилося за формулою:

$$\Sigma_i = \frac{\Sigma_k}{24}, \quad (4.2)$$

де  $k = 1 \div 24$  – номер МЗ;  $i = 1 \div 2$ ; 1 – попередній вимір, 2 – підсумковий вимір.

Традиційні оцінки, відповідно до відсоткової шкали, визначаються таким чином:  $0 \div 40$  – «2»;  $41 \div 65$  – «3»;  $66 \div 100$  – «4» і «5».

За підсумками обчислення загальних середніх значень попередніх і підсумкових ЕШХ МЗ, немає ніяких відмінностей між середніми ЕШХ МЗ у

всіх діапазонах, отже неможна визначити певний ФСт як такий, що обов'язково приведе до добрих або гірших результатів навчання і тестування (табл. 4.15).

Таблиця 4.15

**Значення вимірів ЕШХ МЗ у кластерах, створених за результатами тестування (n=157)**

Бали тестування	Σ ЕШХ МЗ до заняття	Σ ЕШХ МЗ після заняття	Середній бал тестування
0÷40	34	33	35
41÷65	35	33	54
66÷100	34,8	33	78

З теорії стресу [1, 174] відомо припущення, що в організмі людини існують механізми пристосування до умов оточуючого середовища, укладених сильними, середніми, і слабкими за силою впливу подразниками. Слабка відносна величина впливу стимулює реакцію тренування, середня-спокійну і підвищену активацію, велика - стрес. Кількісні параметри переходів між рівнями активації обумовлені вмістом системокванту і мають дискретні характеристики. При низьких рівнях активації, показники ФСт можуть змінюватись в визначених діапазонах, але завдяки незмінності змісту одного того ж самого інформаційного системокванту, рівень активації не може перевищити межу, необхідну для виникнення нових ФС.

При зміні рівня активації, обумовленій появою нового інформаційного системокванту, або повтором попереднього, відбувається зміна параметрів ФСт, що перевищує попередні порогові значення, і активуються інші ФС організму. Вочевидь, це вимагає певних витрат від ФС організму людини, що може бути помітним з характерних змін контрольованих параметрів ФСт. Теорія стресу, за [111], не надає кількісних характеристик змін ФСт осіб, за якими можна б було визначити характер активації пристосувальних механізмів певних ФС.

З використанням параметрів ЕШХ МЗ можливо встановити чотири відповідних рівня активації, й спробувати виділити такі ФС, які залучаються

організмом до реалізації мети системи, перебувають під впливом інформаційного системокванту і являють при цьому різні рівні активації. Для визначення таких порогових/підпорогових рівнів активації, той самий масив значень ЕШХ МЗ було кластеризовано за методом  $k$  найближчих середніх.

Оскільки розглядалась вірогідність існування чотирьох рівнів активації, весь інформаційний масив з даними вимірів ЕШХ МЗ було кластеризовано на чотири кластери. Для кожного отриманого в такий спосіб кластера обраховувались сумарні середні до та після заняття, за рівнянням (4.2). Середній бал успішності тестування обрахований окремо для кожного кластера (табл. 4.16).

*Таблиця 4.16*

**Середні значення вимірів ЕШХ МЗ і балів тестування у кластерах, створених на основі параметрів ЕШХ МЗ методом  $k$  найближчих середніх (n=157)**

Кластер	$\Sigma$ попередніх вимірів	$\Sigma$ підсумкових вимірів	Різниця	Середній бал тестування
1	25	24	-1	54
2	37	34	-3	51
3	55	43	-12	52
4	44	49	5	66

Кластер 1 можна вважати ілюстрацією впливу слабкої реакції тренування: при невеликих змінах параметрів ФСт були невеликі затрати організму на досягнення мети діяльності, обумовленої інформаційним системоквантом: майже немає різниці між попереднім і підсумковим середнім параметрів ЕШХ МЗ. Невеликий похідний рівень сумарних електрошкірних параметрів змінився в межах статистичної похибки (5 %).

Кластер 2 ілюструє середню активацію ФС у відповідь на середній для організму вплив умов роботи в ЕНС і витрати ФСт на досягнення мети діяльності. Різниця у середніх складає 8 %, отже студентам, параметри яких

потрапили у кластер 2, довелося витратити дещо більший ресурс, ніж студенти з кластеру 1, щоб досягти майже того самого результату – 52 балів за тестування.

Кластер 3 – приклад підвищеної активації ФС організму учасників дослідження для досягнення схожої мети, як у учасників з кластерів 1 і 2. У результаті виконання завдання, зниження середніх ЕШХ МЗ склало 12, або 21,8 %.

У перших трьох кластерах отримані результати сходні між собою. При підпорогових рівнях активації, при дещо різних результатах, витрати на досягнення майже однакової мети різні.

Кластер 4 – результат великого, стресового, навантаження для ФС організму осіб що навчаються. Під впливом навантаження змінився рівень активації ФС організму, що відбилося у зміні напрямку змін параметрів на протилежний – замість зниження відбувся їх ріст, руйнування попередніх ФС і перехід до створення нових, в результаті чого студенти цієї групи, виконавши необхідну навчальну роботу і відповівши на запитання тесту, отримали за це найвищі результати серед всіх учасників дослідження.

Для перевірки кластеризації, проведеної на основі параметрів ЕШХ МЗ, було виконано кластеризацію масива даних, на основі параметрів ВСР тих самих осіб, реєстрованих одночасно з реєстрацією ЕШХ, відповідно до умов дослідження.

Відмінності між складом кластерів, отриманих на базі параметрів ЕШХ та ВСР, незначні. Можна вважати, що кластеризація за параметрами ВСР та ЕШХ дала порівняні результати і в подальшому розглядати зміни параметрів ЕШХ МЗ як такі, що відбивають зміни стану ССС осіб.

4.4. Кластеризація контрольованих параметрів функціонального стану осіб у комп'ютерній ергатичній системі за методом «k найближчих середніх»

Середні ЕШХ МЗ мають дискретний характер для кожного кластера, вони відбивають підпорогові і порогові, слабкі, середні, підвищені і стресові рівні

активації ФС для досягнення мети діяльності, під впливом інформаційного системокванту.

Стресовий рівень активації ФС має відмінності від слабкого тренувального, середнього і підвищеного активаційного. Стресовий рівень активації являє собою перевищення межі, за яким відбувається перехід до нового рівня активації з включенням інших ФС, що віддзеркалюється у зміні знаку змін параметрів ЕШХ МЗ на протилежний, при досягненні людиною, завдяки такої активації, вищих результатів.

Зміни параметрів ВСР і відповідні різниці між початковими та кінцевими вимірами ЕШХ МЗ у означених чотирьох кластерах співставлені в табл. 4.15.

Вона складається з чотирьох відповідних фрагментів; назви МЗ розташовані у крайньому правому стовпчику кожного фрагмента.  $\Delta$ ВСР і  $\Delta$ ЕШХ розраховувалися за формулою:

$$\Delta Param_i = Param_{finish} - Param_{start} \quad (4.3)$$

В отриманих кластерах статистичні показники ВСР змінюються однонаправлено, але несинхронно (табл. 4.17)

Таблиця 4. 17

#### Розподіл на кластери за значеннями індекса напруженості

Кластери	ІН початковий	ІН підсумковий
1 кластер	102±1,6	85,8±1,0
2 кластер	51±0,9	37±0,5
3 кластер	101,5±1,1	105,9±2,0
4 кластер	101±1,0	115,8±3,4

В усіх кластерах ми розглядали зміни індексу напруженості регуляторних систем ІН, дуже чутливого до стану ВНС показника, що відображає ступінь централізації управління ритмом серця і характеризує, в основному, активність симпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Перший кластер характеризується зниженням значення індекса Баєвського Ін з 102 до 85,8, що відбулося в результаті виконання роботи учасниками дослідження в ЕНС, незначними різноскерованими відносними змінами параметрів ЕШХ МЗ і ВСР. Другий кластер має зниження Ін, загальне зниження параметрів ВСР і ЕШХ. За значенням Ін, можна припустити, що в цей кластер потрапили переважно особи з ваготонією. Третій кластер характеризує відносне зростання Ін, значне зниження параметрів ВСР і ЕШХ.

Четвертий кластер являє помітне зростання кінцевих параметрів ЕШХ по відношенню до початкових, найбільше зростання різниці значення Ін і відносним зростанням параметрів ВСР, на противагу зниженню, що відбувалося у стані осіб, параметри ФС яких потрапили до попередніх кластерів.

При невеликих змінах параметрів ВСР, з переважною активністю парасимпатичного відділу ВНС, ЕШХ МЗ мають невеликі зміни різного знаку (кластер 1); при середніх змінах у показниках ВСР, вочевидь відбиваючих адаптаційні реакції слабкого та помірного рівня, ЕШХ МЗ знижуються помірно чи значно (кластери 2 і 3). При значній напрузі адаптаційних механізмів організму осіб що навчаються, викликаних найзначнішими зусиллями для досягнення мети діяльності, ЕШХ МЗ значною мірою зростає у всіх контрольованих МЗ. Наведені кількісні дані ілюструють, що в організмі людини існують механізми пристосування до умов оточуючого середовища, укладених сильними, середніми за силою впливу, і слабкими подразниками, з «реакцією тренування» і «реакцією активації» у відповідь на подразники середньої сили.

У наш час з'являються дослідження взаємозв'язку між оцінками, що отримують школярі, та їх показниками ВСР [92, 93]. При кореляційному аналізі оцінок і абсолютних показників ВСР, виміряних не під час занять, виявлені слабкі – коефіцієнт кореляції  $0,08 \div 0,39$ , – зв'язки між підсумковою оцінкою за предмет та деякими параметрами ВСР. Розглядаються зразки занять у звичайному класі, поза ЕНС. Такі спостереження підтверджують висновки, до яких прийшли ми у ході виконання дослідження: навчання у звичайному класі являє собою певне, але невелике функціональне навантаження для особи що

навчається. В роботах, що були виконані за кордоном [200, 218, 221], проаналізовано зв'язок між параметрами ВСР і психологічним станом осіб, а також з ситуативною і особистісною тривожністю учасників досліджень, рівні яких встановлені за допомогою теста Спілбергера-Ханіна. На основі даних, досліджувані особи були розподілені на 4 групи: спокійний стан; невелика напруга; напруга що збільшується; стрес. Виявлено індивідуальні особливості фізіологічного забезпечення інтелектуальної діяльності осіб, що знайшли прояв у динаміці показників ВСР, які пов'язані з різноманітними рівнями емоційної напруги. Але, в розглянутих роботах не встановлюються параметри ФСт безпосередньо перед початком заняття, лише порівнюються результати вимірів параметрів ФСт осіб з їх тривожністю або оцінками за навчання, виконаних відтерміновано, або проводилися порівняння даних, що вимірювались періодично, протягом деякого часу – за тиждень; за семестр; за чотири роки навчання [213, 226].

Оскільки нами встановлено відносні зміни параметрів ВСР, ЕШХ, РВГ, завдяки тому, що вимірювання контрольних параметрів проводилося перед та безпосередньо після роботи у ЕНС, то отримані результати можна вважати впливом саме ЕНС та освітнього середовища на організм людини що навчається. Проведення попередніх досліджень для осіб, що навчаються у ЕНС, за планом нашого дослідження, дозволяє встановити приналежність особи до однієї з чотирьох груп, що дає можливість припустити, яких саме змін може зазнати стан здоров'я особи, і як саме слід проводити заняття, щоб не викликати стійких перевантажень ФС її організму. В результаті дослідження, встановлено МЗ, ЕШХ яких найбільш сильно корелюють з параметрами ВСР; РВГ; тривожністю (табл. 4.18).

Описова модель системи контролю функціонального стану осіб, яка базується на застосуванні ВСР, РВГ, визначенні ситуативної і особистісної тривожності людини за допомогою тесту Спілбергера-Ханіна, відбиває його зміни під впливом роботи в ергатичному середовищі. Параметри функціонального стану осіб, що вимірюються за застосування моделі системи



контролю ФСт, заснованої на вимірі показників ЕШХ МЗ, мають статистично значущі рівні кореляції з параметрами ФСт осіб, визначеними методами ВСР, РВГ.

Таблиця 4.18

**Мікрозони, параметри яких найбільш змінилися під впливом роботи в ЕНС, або мають найбільші кореляції з параметрами ВСР, РВГ та тривожністю осіб (n=157)**

Змінилися	Тривожність	ВСР	РВГ
IG	IG	С	С
TR	TR	МС	TR
GI	GI	Р	GI
Р	Р	Р	Р
V	МС	V	V
VB	С	VB	RP

Обґрунтована результатами вивчення ФСт особи в ЕНС модель контролю змін ФСт осіб дає можливість створити на її основі систему автоматизованого контролю ФСт осіб, що працюють у ЕНС. Вона може бути застосована як складова ЕНС, з метою попередження та уникнення перевантажень студентів, підвищення якості навчання і збереження здоров'я молодих людей.

Проведена верифікація запропонованого методу контролю ФСт на основі порівняння двох застосованих у дослідженні моделей контролю ФСт, де першою групою ознак було обрано набір параметрів ФСт ВСР; другою – параметри ЕШХ МЗ, довела, що елементний склад кластерів, отриманих на базі обох моделей, має статистично незначні розбіжності.

Така система контролю ФСт особи в ЕС може бути вживана в будь-яких умовах взаємодії людини з технічними засобами, коли людина є керуючою ланкою ЕС, отже ФСт є складовою, що впливає на кінцевий результат роботи ЕС.

## Висновки до розділу.

1. Робота в ЕНС і у позаергатичному навчальному класі вплинула на структури, що їх функціональний стан відбивається такими характеристиками ВСР: RMSSD – 16,8% в досліджуваній групі і 7,7% в контрольній; рNN50 – 18,9% в досліджуваній і 10,34% в контрольній; SDNN – відповідно 7,6% і 4,2%. Спектральні показники змінилися: VLF – 14,05% в досліджуваній групі і 8,9% в контрольній; , LF – 17,1% в досліджуваній і -12,6% в контрольній; HF – 12,9% і -1,99% відповідно.

2. В досліджуваній групі, що працювала в ергатичному навчальному середовищі, коефіцієнт конкордації Кендала між підсумковими показниками ВСР і ЕШХ МЗ становить  $W = 0,75 \div 0,87$  при ранговому коефіцієнті кореляції  $r = 0,74 \div 0,87$ ;  $p < 0,01$ . Робота в ЕНС вплинула на стан МЗ: Р, С, IG, TR, GI, RP, F, V, VB; максимальні зміни – 30,75% від початкового рівня. Робота в звичайному класі вплинула на стан МЗ: IG, TR, GI, R, V, VB. Максимальні зміни – 13,03% від початкового рівня.

3. Особистісна і ситуативна тривожність людини, що працює в ЕНС, корелює з відносними змінами ЕШХ МЗ: Р, МС, С, IG, TR, GI. Чим вищі рівні тривожності осіб, тим більших змін зазнають їх параметри ЕШХ МЗ при роботі в ЕНС. Визначено конкордацію  $W = 0,74$ ,  $p < 0,001$  між відносною зміною параметрів ЕШХ в мікрозонах і рівнем особистісної тривожності учасників; конкордацію  $W = 0,68$ ,  $p < 0,001$ , між відносною зміною параметрів ЕШХ в мікрозонах і рівнем ситуативної тривожності учасників.

4. Проведено кластерний аналіз, за методом k найближчих середніх, показників параметрів ЕШХ МЗ, ВСР, РВГ. Створено 4 кластери, що відповідно до розвитку теорії стресу що надано в роботі [115]. Показники моделі системи контролю ФСт особи на основі ЕШХ МЗ, дозволили встановити кількісні параметри функціонування механізмів пристосування до умов оточуючого середовища, відомих як «реакція тренування», «реакції слабкої активації», «реакції розмірної активації» у відповідь на подразники середньої сили, і

«стресову реакцію», у відповідь на надмірне напруження ФС організму, здійсненому для досягнення позитивного результату діяльності.

Кластер 1: невеликі зміни параметрів ВСР, з переважною активністю парасимпатичного відділу ВНС; ЕШХ МЗ - невеликі зміни різного знаку; оцінка за тестування низька, -реакція тренування. Кластер 2: середні зміни у показниках ВСР, помірне зниження ЕШХ МЗ. вочевидь відбиваючі адаптаційні реакції слабкої сили. Кластер 3: значні зміни параметрів ВСР і значне зниження ЕШХ; реакція помірної активації. Кластері 4: спостереження з найвищими оцінками за підсумкове тестування, великими змінами параметрів ВСР і зростанням параметрів ЕШХ МЗ, викликаних найзначнішими зусиллями для досягнення мети діяльності, у відповідності до теорії стресу ілюструючими стресовий рівень активації пристосувальних механізмів організму людини до умов її діяльності.

5. Запропонована модель системи контролю ФСт осіб у ЕНС на основі інтегрального критерію – ЕШХ МЗ, завдяки наявності кореляцій між параметрами МЗ та контрольованими параметрами ФСт особи, визначеними методами ВСР, РВГ, відповідно відбиває зміни поточного ФСт особи у ЕНС. Система контролю функціонального стану особи у ергатичному навчальному середовищі, на основі електрошкірних характеристик мікрозон, через управління ланкою ергатичної системи – стан особи що навчається, дозволяє керувати ефективністю діяльності ергатичної системи і сприяє досягнення нею мети діяльності – високої якості навчання.

Основні положення розділу опубліковано в таких наукових працях автора: [10, 78, 79, 134, 141, 147, 150, 176, 182, 185].

## РОЗДІЛ 5

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО  
СТАНУ ОСІБ У ЕРГАТИЧНІЙ НАВЧАЛЬНІЙ СИСТЕМІ

Автоматизована система контролю поточного ФСт осіб є компонентом ергатичної системи, технічні і програмні складові якої зазвичай добре контролюються. Неконтрольованою ланкою, з точки зору забезпечення надійної роботи системи і досягнення нею мети, залишається сама особа. Тобто, залишається невідомим, чи здатна вона, будучи невід'ємним елементом системи, який критично впливає на підсумок діяльності системи, в силу свого поточного функціонального стану, відповідати зазначеній цілі ЕНС. Мета системи контролю ФСт осіб в ЕС – управління працездатністю ЕС завдяки збереженню поточного функціонального стану людини, що перебуває в ергатичній системі. Система характеризується включенням інформаційних потоків з інформацією про стан важливої ланки ергатичної системи – людини – в загальний внутрішній інформаційний потік, що керує діяльністю ергатичної системи. Основними завданнями, що їх потрібно було вирішити для створення такої системи, є пошук критерію змін ФСт і розробка моделі відповідних технічних засобів контролю ФСт, гаджетів, які б не заважали особі працювати, поводитися вільно, переміщуватись під час роботи, без перешкод що їх створюють звичні технічні пристрої функціональної діагностики.

Проведене дослідження, в ході якого для розробки системи автоматизованого контролю ФСт осіб були створені моделі компонентів системи навчального середовища ЕНС, модель системи контролю ФСт осіб на базі ВСР, РВГ і тесту Спілбергера-Ханіна, і модель на базі параметрів ЕШХ МЗ. Моделювання проводилось з урахуванням багатокomпонентності розглянутих систем, і факту, що в будь-якій системі кожен її елемент є її складовою частиною, водночас являючись самостійною окремою системою. ФСт особи що працює в ЕНС є складовим елементом ЕС «людина – комп'ютер». Система контролю ФСт особи також є складовою частиною ЕНС, оскільки зміни ФСт

особи під час роботи впливають на досягнення мети діяльності системи. Кожний з елементів системи має свій внесок у загальний вихідний сигнал системи, або вихідний сигнал елемента системи являє собою вихідний сигнал системи. Дослідження роботи моделей системи контролю ФСт людини у ЕНС з застосуванням параметрів ВСР, РВГ, та даних про ФСт особи, отриманих за допомогою методу визначення електрошкірних характеристик у певних ділянках шкіри – мікронах, ЕШХ МЗ, виявило кореляційний зв'язок між змінами параметрів стану ССС, що контролюється за допомогою ВСР і РВГ, та змінами параметрів ЕШХ МЗ. З використанням параметрів ЕШХ МЗ обчислено кількісні характеристики змін ФСт осіб, за якими можна було визначити характер активації пристосувальних механізмів певних ФС, встановлено припустимі рівні ЕШХ МЗ, періодично контролюючи які, можна робити обґрунтований висновок про поточний ФСт людини і змогу її подальшої продуктивної роботи в ЕНС. ЕНС набула завершеності завдяки повному контролю за станом всіх її ланок.

### 5.1. Концептуальна модель системи контролю функціонального стану осіб

В результаті проведення дослідження, був знайдений інтегральний критерій змін ФСт особи в ЕНС на основі поточних змін параметрів ЕШХ МЗ, що відбиває пристосування ФС особи до умов ЕНС. Концептуальна модель ЕНС, що включає автоматизовану систему контролю функціонального стану особи в ЕНС складається з ряду компонентів (рис. 5.1), етапи моделі позначені таким чином: 1 - Вхід системи. Визначення складових ЕНС. Очікувані результати роботи ЕНС; 2 - Перевірка наявності інформаційного і технічного забезпечення ЕНС; 3 - Перевірка ФСт особи із заданою періодичністю; 4 - Контроль досягнення мети системи; 5 - Вихід системи. Суб'єктивна оцінка результату.

Блок 1 концептуальної моделі визначає перевірку наявності необхідного забезпечення системи, завдяки якому може бути досягнута мета. Блок 2 включає перевірку готовності небіологічних елементів системи до виконання завдань, необхідних для досягнення мети діяльності системи. Блок 3 наведеної моделі

являє собою засіб контролю біологічної складової ЕНС - автоматизовану систему контролю функціонального стану осіб, що працюють в ергатичному середовищі, призначену для збору, обробки, розподілу, зберігання, представлення інформації щодо поточного функціонального стану людини, яка є складовою частиною ергатичної системи, а її функціональний стан водночас є параметром функціонування біологічної системи «людина». Блок 4 охоплює процес виконання завдання, з наступною перевіркою відповідності реально досягнутого результату уявному очікуваному результату. Суб'єктивну оцінку досягненню мети діяльності надає особа, по закінченню своєї роботи.



Рис. 5.1. Концептуальна модель ЕНС з контролем функціонального стану особи що працює в ЕНС

Кожна інформаційна система використовує комп'ютерні технології, тому під інформаційними системами розуміють саме автоматизовані [183].

Система автоматизованого контролю функціонального стану осіб в ЕНС є її надбудовою. Її призначення визначати поточний ФСт особи як задовільний; припороговий; запороговий; неприпустимий. В залежності від результатів вимірів, особа приймає рішення про припинення роботи, з метою відновлення ФСт, що впливатиме на ефективність діяльності ЕНС, або продовжує процес роботи.

Автоматизована система контролю (АСК) стану осіб складається з автоматичного програмованого блоку вимірювань ЕШХ МЗ; блоку передачі вимірів на комп'ютер чи гаджет, із застосуванням бездротових технологій; блоку накопичення отриманих даних; блоку обробки даних; блоку інформування

про результати вимірів; блоку попередження особи про її пороговий поточний ФСт. Структурна схема АСК представлена на рис. 5.2 [6].

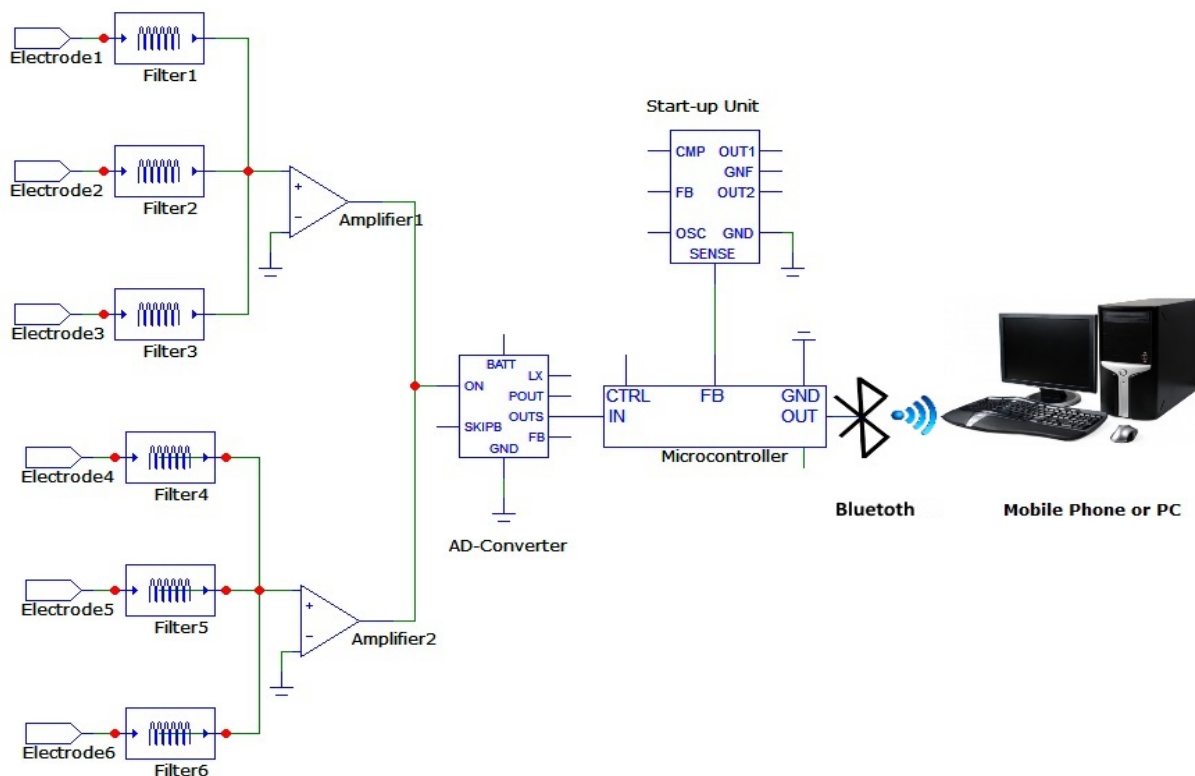


Рис. 5.2. Структурна схема реєструючої частини системи автоматизованого контролю електрошкірних характеристик мікрозон

На схемі використані наступні загальноприйнятні позначення: Electrode – вимірчі електроди; Filter - фільтри; Amplifier - підсилювачі; AD converter - АЦП; Microcontroller - мікроконтролер; Bluetooth - пристрій Bluetooth; Mobile phone or PC - мобільний телефон або ПК з програмним комплексом отримання, обробки, накопичення, відображення та зберігання інформації про стан МЗ [4].

Робота системи полягає в періодичній реєстрації всіх вимірних ЕШХ, що надходять від електродів через фільтри 1 і підсилювачі 2 на вхід АЦП 3, для перетворення в цифровий код. З АЦП цифровий код надходить на вхід мікроконтролера 4; отримана інформація виводиться на екран дисплея 5. Блок 6 виконує функцію запуску системи.

Періодичність проведення вимірювань і порядок вимірювань всіх МЗ, контрольованих в кожному дослідженні, задається на початку кожної серії вимірювань, яка може тривати до 8 годин (тривалість повного робочого дня).

Для зв'язку з гаджетом, ноутбуком, комп'ютером тощо в структуру пристрою введено модуль Bluetooth, який працює на неліцензованій у всьому світі частоті 2,45 ГГц, що являє собою смугу промислового, наукового та медичного застосування ISM – «Industry, Science, Medicine» [29].

Завдяки автономності своєї роботи, гаджет у вигляді браслету, навушника тощо є найбільш прийнятним, порівняно з класичними контролюючими ФСт пристроями функціональної діагностики, які потребують підключення до електричної мережі, мають значні розміри, з'єднуючі кабелі, значну вагу реєструючих електродів, порівняно з пластиковим браслетом чи навушником.

Модель задовільного ФСт особи в ЕНС за показниками ЕШХ МЗ описується інтервалами припустимого розкиду значень. Алгоритм роботи гаджета автоматизованого контролю ФСт особи в ЕНС на рис. 5.3.

Перед початком роботи такої системи контролю ФСт людини слід провести її налаштування: повідомити, які саме МЗ будуть вимірюватись, в якій послідовності, визначити часові інтервали, через які буде виконуватися вимірювання параметрів ЕШХ МЗ. У подальшому налаштована система сама виконуватиме виміри, накопичення, порівняння та збереження даних.

Робота системи складається з двох етапів. На першому, за допомогою включеного в систему програмного комплексу, проводиться індивідуальна настройка системи: виходячи з попередньо зібраного масиву даних, визначаються середні значення ЕШХ для обраного набору контрольованих МЗ певної людини.

Для цієї мети необхідно провести  $70 \div 100$  вимірювань для кожної МЗ [7]. Отримані ЕШХ, передані через Bluetooth, направляються у відповідні поля таблиці реєстрації ЕШХ МЗ. З них формується інформаційний масив даних учасника дослідження, на підставі якого розраховуються статистичні показники його ЕШХ. Створюється готовність системи до роботи з певною людиною. Перед початком другого етапу, за допомогою наявного в системі програмного комплексу, задається періодичність проведення вимірювань ЕШХ і порядок «обходу» всіх контрольованих МЗ.



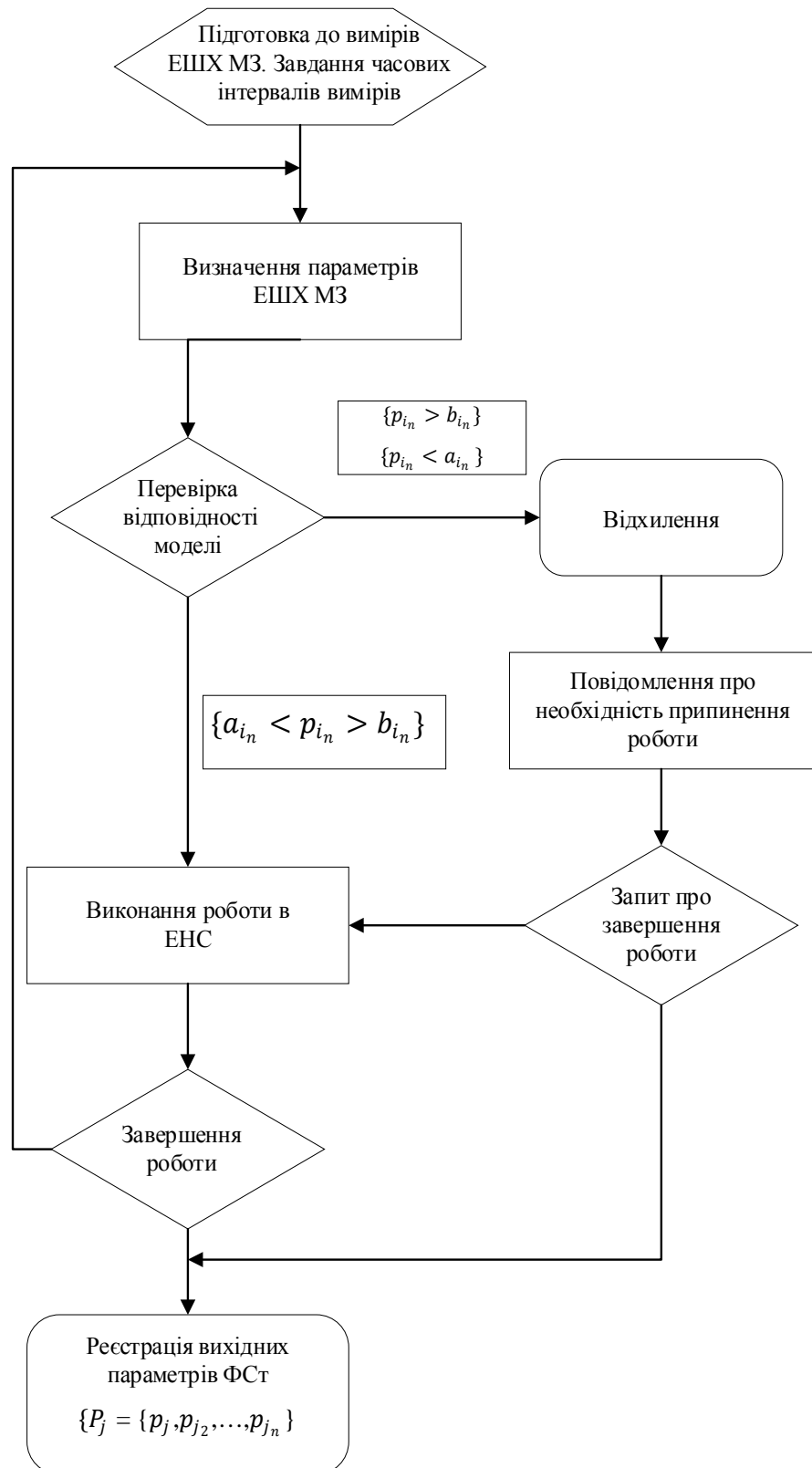


Рис. 5.3. Алгоритм роботи гаджету системи автоматизованого контролю стану особи в ЕНС

Людина одягає на голову обруч з пристроєм, фіксує на вусі датчики, закріплені в зліпку, і включає пристрій реєстрації ЕШХ. Система готова до роботи.

Якщо при черговому вимірі ЕШХ МЗ виявляється відхилення від середнього, що перевищує величину довірчого інтервалу для цієї МЗ, система виводить на монітор попередження. Людина повинна прийняти рішення - буде він продовжувати роботу або зробить перерву, перемкнеться на інший вид діяльності, з метою повернути ФСт в початковий стан.

Завданням автоматизованої системи контролю стану особи при роботі в ЕНС є створення інформаційного потоку з параметрів ФСт особи шляхом виміру ЕШХ МЗ, включення його до внутрішнього середовища ЕНС шляхом формування БД і накопичення в ній даних про параметри поточного ФСт особи, опрацювання даних що надходять до БД при кожному новому вимірі, формування висновку щодо рівня змін ФСт в даний період і інформування особи про її поточний ФСт, з метою прийняття нею остаточного рішення щодо необхідності і можливості подальшої роботи в ЕНС. Таким чином, ЕНС набуває цілком контрольованого статусу, з автоматизацією визначення поточних параметрів ФСт, але особистим прийняттям рішення щодо продовження роботи, як належить ергатичній системі, де вирішальною керуючою ланкою є людина.

Інформаційну основу автоматизованої системи укладають декілька складових: засоби фіксації і збору інформації, засоби передачі відповідних даних та повідомлень, засоби збереження інформації, засоби аналізу, обробки і представлення інформації.

Виходячи з умов, в яких має працювати АСК, відповідно до розробленої моделі збору інформації про поточний ФСт особи у ЕНС на основі ЕШХ МЗ, вона має невелику вагу, може бути розташована на зап'ястку людини, у вигляді браслета, або на вусі особи (п. 2.3.4.1).

Оскільки інформування щодо ФСт особи що працює у ЕНС повинно бути отримане безпосередньо після чергового виміру параметрів ЕШХ МЗ, система повинна працювати в онлайн режимі.

За змістом діяльності системи, її структура повинна бути трирівневою клієнт-серверною [180]. В ролі клієнта виступає пристрій виміру параметрів ЕШХ МЗ, який працює під управлінням сервера, в ролі якого може виступати персональний комп'ютерний пристрій – смартфон, ноутбук, на якому розташована СУБД і база даних, що поступово накопичуються. Третій рівень структури системи забезпечує програмну обробку результатів вимірів і видачу інформаційного інтерактивного повідомлення щодо поточного ФСт особи. Робота системи складається з повторюючихся через певні, заздалегідь визначені часові інтервали циклів, що продовжуються до прийняття людиною рішення про виконання або завершення роботи. Склад кожного циклу роботи системи зображено на рис. 5.4.

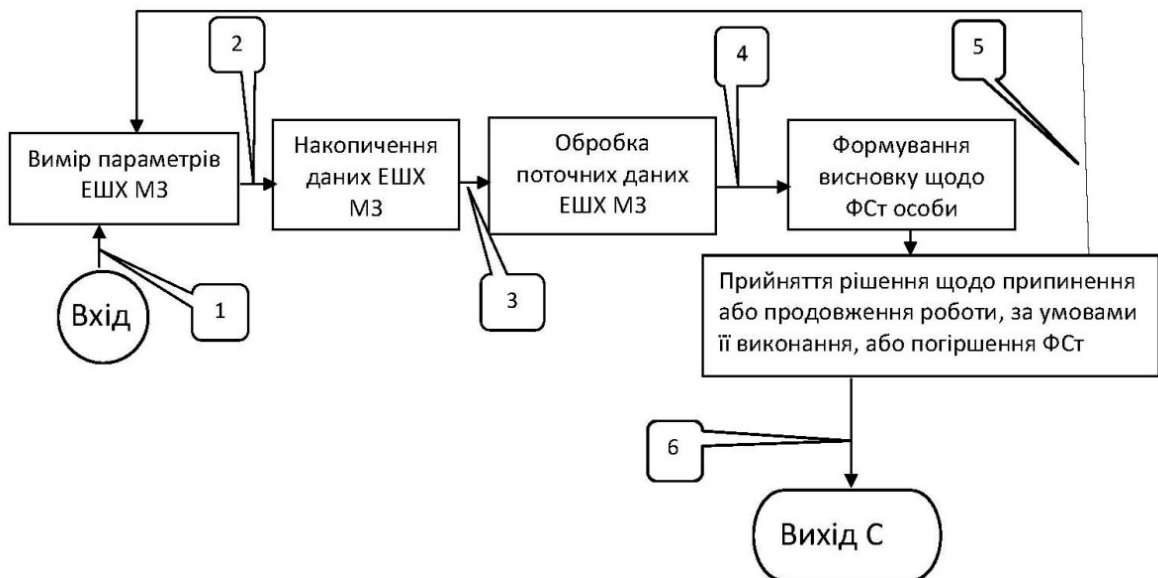


Рис. 5.4. Цикл роботи системи автоматизованого контролю функціонального стану особи в ергатичній системі

На рис. 5.4 заставано такі позначення процесів, що відбуваються в системі: 1 - Початок роботи. Калібрування. Встановлення часових інтервалів вимірів; 2 - Передача даних через Bluetooth на комп'ютер; 3 - Формування БД вимірів ЕШХ МЗ; 4 - Перевірка поточних даних ЕШХ МЗ; 5 – Продовження роботи; 6 – Завершення роботи.

Система не надає діагностичного висновку, а лише повідомляє про настання відносних змін попереднього ФСт особи, якщо для цієї особи такі зміни носять припороговий або запороговий характер. Водночас, система дає можливість контролювати зміни стану деякої кількості ФС організму людини. Тому при її застосуванні протягом певного часу буде накопичено значну кількість вимірів параметрів ЕШХ МЗ. Це дає змогу уточнити види змін у параметрах ЕШХ, що будуть відбуватися у осіб з різними попередніми ФСт при проведенні ними вимірів під час виконання різного виду робіт.

Клієнт-серверна структура збору та накопичення даних з використанням різноманітних персональних гаджетів, що мають можливість приєднання до всесвітньої інформаційної мережі Інтернет, дозволяє користуватись перевагами хмарних технологій зберігання даних. Віртуалізація отриманих даних, формування зведених інформаційних масивів, створених з накопичених від різних осіб вимірів ЕШХ МЗ, отриманих у різних умовах робіт, дозволить розвинути метод контролю ЕШХ МЗ для застосування в ергономіці, при вирішенні задач придатності працівників до виконання певного виду робіт.

Застосування методів, способів, інструментів накопичення і обробки структурованих і неструктурованих даних, відомих як технологія Big data, дасть змогу провести статистичний аналіз між різними медичними даними осіб, різними за характером впливами на їх ФСт та параметрами ЕШХ МЗ. З точки зору інформаційних технологій в сукупність підходів та інструментів Big data включено засоби масово-паралельної обробки невизначено структурованих даних за допомогою СУБД категорії NoSQL, алгоритмами MapReduce і бібліотеками проекту Hadoop. Це підвищить надійність методу контролю змін параметрів ЕШХ МЗ і розширить коло галузей його застосування.

## 5.2. Опис комплексу системи контролю функціонального стану осіб у ЕНС

Для проведення періодичного контролю ФС особи що працює в ЕНС, ми пропонуємо застосувати метод ЕШХ МЗ як такий, що дає можливість легко

зібрати інформацію – виміряти сигнал на шкірі людини, мати уявлення про певну кількість ФС організму, а не лише про один показник, наприклад ЧСС або АД, і таким чином керувати навантаженням особи що навчається без ризику зашкодити її здоров'ю. Така система повинна мати в своєму складі дистанційний вимірювальний блок, за допомогою якого проводимуться виміри, бездротову лінію передачі отриманих даних на блок накопичення і програмної обробки зібраних даних, і блок, що керує діяльністю такої системи, задаючи періодичність вимірів, генеруючи сигнал про перевантаження тощо.

### 5.2.1. Технічні засоби системи автоматизованого контролю функціонального стану осіб у ЕНС

Реєстрація ЕШХ МЗ в системі дистанційного контролю ФС людини складається з декількох етапів [17]: підсилення, оцифровки, фільтрації від перешкод, компресії, передачі даних по каналах зв'язку. Схема реалізована на основі мікропотужного операційного підсилювача КР140УД1208, з внутрішньою частотною корекцією, з захистом від короткого замикання, з регульованим споживанням потужності і струмом споживання 30 ... 190 мкА. Мікросхеми 176ЛА7 є генераторами імпульсної напруги, завдяки їм створюються часові інтервали вимірів контрольованих МЗ.

Передача результатів вимірів відбувається завдяки технології Bluetooth - радіозв'язок малого радіусу дії (зазвичай до 200 метрів) в діапазоні частот, вільному від ліцензування (ISM-діапазон: 2,4-2,4835 ГГц), на основі DASH7 - стандарту організації бездротових сенсорних мереж. Основна область застосування технології Bluetooth - інтеграція компонентів систем автоматизації в локальні мережі з пропускну здатністю до 1 Мбіт / с. Bluetooth припускає об'єднання радіомережею до семи кінцевих пристроїв. Вона оптимально підходить для швидкої циклічної передачі невеликих пакетів даних.

Висока захищеність даних завдяки кодування даних з 128-бітовим ключем і аутентифікації кінцевих пристроїв Trusted Wireless. EnOcean - технологія

організації бездротових сенсорних мереж, що використовує надмініатюрні датчики з генераторами електроенергії, мікроконтролерами і приймачами-передавачами. Обмін даними здійснюється на частоті в районі 2,4 ГГц і швидкості близько 250 кбіт / с.

Можлива реалізація інформаційного потоку і з застосуванням Wi-Fi, що представляє собою сімейство стандартів специфікації IEEE 802.11 для широкосмугового радіозв'язку. Wi-Fi використовує для передачі даних діапазон частот в районі 2,4 ГГц або 5 ГГц і забезпечує швидкість передачі даних від 2 Мбіт / с на відстанях до 200 метрів.

Після передачі даних починається етап первинної обробки сигналів, отриманих від МЗ, у вигляді послідовності процесів, необхідних для перетворення слабких потенціалів, у файл цифрових даних, придатних для подальшого аналізу. Завданнями вторинної обробки є розрахунок амплітудного спектру, статистичний аналіз результатів, формування баз даних, обробка сигналів, при необхідності видача рекомендацій щодо корекції функціонального стану. Функції первинної та вторинної обробки виконує програмний комплекс обробки сигналів ЕШХ, написаний на мові Turbo-Pascal.

5.2.2. Програмні рішення для формування інформаційного потоку в автоматизованій системі контролю стану особи в ЕНС

Основними завданнями, що реалізовані у пакеті програм для обробки даних про ФСт осіб у ЕНС є завдання створення часових інтервалів вимірів, що повинні відбуватися для певних МЗ, та послідовність обходу МЗ при вимірі. Потім проводиться поміщення отриманих даних до відповідних масивів бази даних. Наступний крок – обробка результатів вимірів, як описано у пп 3.2.1 і 4.2.2, при необхідності видача повідомлень про наближення контрольованих параметрів ФСт людини до порогових або запорогових значень. Дані повинні бути звільнені від шуму та похибок. У пристроях первинної обробки сигналів фільтрація корисного сигналу від перешкод здійснюється програмним методом.

У програмі порт А використовується для передавання платі АЦП адреси каналу, сигнал з якого повинен бути оцифрований, порт В використовується для отримання даних від АЦП (дод. Г 3). Після запуску програми програмується інтерфейсна плата, тобто в реєстр управління надсилається керуюче слово. Виконується команда: `port [stat_port] := $8A`. Далі управління виконується програмами.

Для контролю часу в програмному комплексі застосовано функцію `time_meter`, що розташована в області даних BIOS і містить поточне значення лічильника часу, яке автоматично збільшується на одиницю 18 разів за секунду. Тому для організації циклу очікування використовується ще одна змінна в яку записується значення цього лічильника через деякий час (в нашому випадку - 1 секунда).

Функція, що повертає байт оцифрованої інформації, використовується для зчитування даних АЦП через визначені проміжки часу, щоб в подальшому можна було точно розрахувати тимчасові характеристики отриманих даних. Для цього використовується канал 0 внутрішнього таймера комп'ютера. З кожним імпульсом цього каналу автоматично викликається переривання No 8. Зазвичай процедура, що обробляє переривання змінює значення лічильника часу, про який згадувалося вище. Частоту виклику цього переривання можна регулювати шляхом програмування мікросхеми таймера. Коли буфер даних повністю заповнюється, відновлюється колишній вектор 8-го переривання і колишня частота його виклику.

Процедура зчитування даних і поміщення їх в буфер організовує цикл читання даних, виконує описані дії з програмування таймера й установки вектора переривання між якими вона чекає, коли заповниться буфер даних (`buffer_full = true` або `buf_i > = розміру буфера`), також виконує очистку вже прочитаних даних від перешкод і видає ці дані на екран у прийнятній формі.

Отже, послідовно, з кожним новим виміром, формується БД АКС і надається можливість просмотру отриманих даних у числовому вигляді або створюється візуалізація за допомогою графіка.

5.3. Алгоритм роботи системи автоматизованого контролю функціонального стану особи з індивідуальним налаштуванням параметрів на прикладі моделі АСК на основі ЕШХ МЗ

ЕНС із застосуванням системи автоматизованого контролю функціонального стану особи, що працює в ній, на думку розробників, має більш надійні характеристики роботи, адже дає змогу контролювати працездатність найбільш стохастичної її ланки – організму людини. Людина є найважливішим керуючим елементом будь-якої кібернетичної системи. Система контролю ФСт має бути необтяжливою, простою в налаштуванні і застосуванні, інформативною і надійною у своїх висновках. Надійність запропонованої АСК ФСт базується на відповідності, високому рівні кореляції між змінами параметрів ФСт особи, що реєструються за допомогою класичних методів контролю ФСт, до яких відносять методи ВСР і РВГ, перевірки стану тривожності людини, що встановлюється за допомогою тестів, наприклад, Спілбергера-Ханіна, і електрошкірними параметрами певних мікрозон на шкірі людини, ЕШХ МЗ.

Як в кожному іншому методі функціональної діагностики, метод контролю ЕШХ МЗ полягає в порівнянні поточних контрольованих параметрів ФСт, властивих саме цьому методу, з накопиченими і узагальненими результатами попередніх аналогічних вимірів. БД, існуюча у АСК ФСт у ЕНС, постійно доповнюється новими вимірами. Результати, що переобчислюються кожного разу при доповненні БД новими вимірами, уточнюють припустимі межі розкиду параметрів ФСт. Складається можливість створювати різноманітні БД, з даними, зареєстрованими у різних осіб, при різних видах діяльності. Склад БД залежить від виду діяльності особи і необхідних параметрів, що контролюються.

Оскільки будь-якій особі притаманні певні властивості ФСт, обумовлені її переважним психологічним станом, захворюваннями, наслідки яких відбилися на поточному ФСт, або заняттями спортом, для надійної роботи АСК ФСт доречно створювати індивідуальні бази вимірів ЕШХ МЗ. Таким чином, для особи буде складено її власну БД, в якій враховано її індивідуальні параметри



ЕШХ, обраховано власні межі ФСт, тобто ЕНС з індивідуальною АСК ФСт дозволить особі, що працює в ній, досягти мети діяльності в оптимальний спосіб.

Кожний черговий набір вимірів ЕШХ МЗ особи, що буде поміщений до таблиці БД АСК, створений у певний період роботи АСК, назвемо сеанс. Робота людини в ЕНС із застосуванням її елемента, системи контролю ФСт особи, складається з двох основних періодів: підготовчого і робочого (рис. 5.5). АСК ФСт особи у ЕНС має два варіанти: узагальнений варіант для будь-якої особи певного віку, і індивідуальний, призначений для окремої особи. В обох випадках, необхідне попереднє налаштування системи, яке полягає у вибори набору контрольованих МЗ, кількість яких може варіюватись від 1 до 24. Тим самим визначається, які елементи БД будуть заповнюватись поточними даними і братись до уваги при обчисленні відомостей про ФСт і формуванні повідомлень щодо стану особи. Якщо попередні дані вимірів ЕШХ МЗ у БД АСК для осіб такого віку-статі-виду діяльності вже існують, то для зазначених МЗ за допомогою мови запитів MySQL з попередньо накопичених даних будується вибірка, необхідна для даного сеансу (рис. 5.5).

Для кожної обраної МЗ у цієї виборці розраховуються середні значення, довірчі інтервали, створюючи таким чином межі припустимих змін ЕШХ МЗ. Обчислюється ІК.

Готується шаблон таблиці сеансу для занесення туди результатів поточних вимірів ЕШХ МЗ, тобто будується таблиця, до складу якої входять лише ті стовпці, що призначені для розміщення в них результатів вимірів саме обраних МЗ. Для АСК встановлюється часовий інтервал – відрізок часу, коли потрібно повторювати вимірювання ЕШХ обраних для сеансу МЗ. Налаштування АСК закінчено, підготовчий період завершено. Починається робочий період.

Для людини, що буде працювати у ЕНС, перед початком роботи проводяться попередні виміри ЕШХ МЗ. Результати заносяться до таблиці сеансу БД. Людина починає виконувати свою роботу у ЕНС.

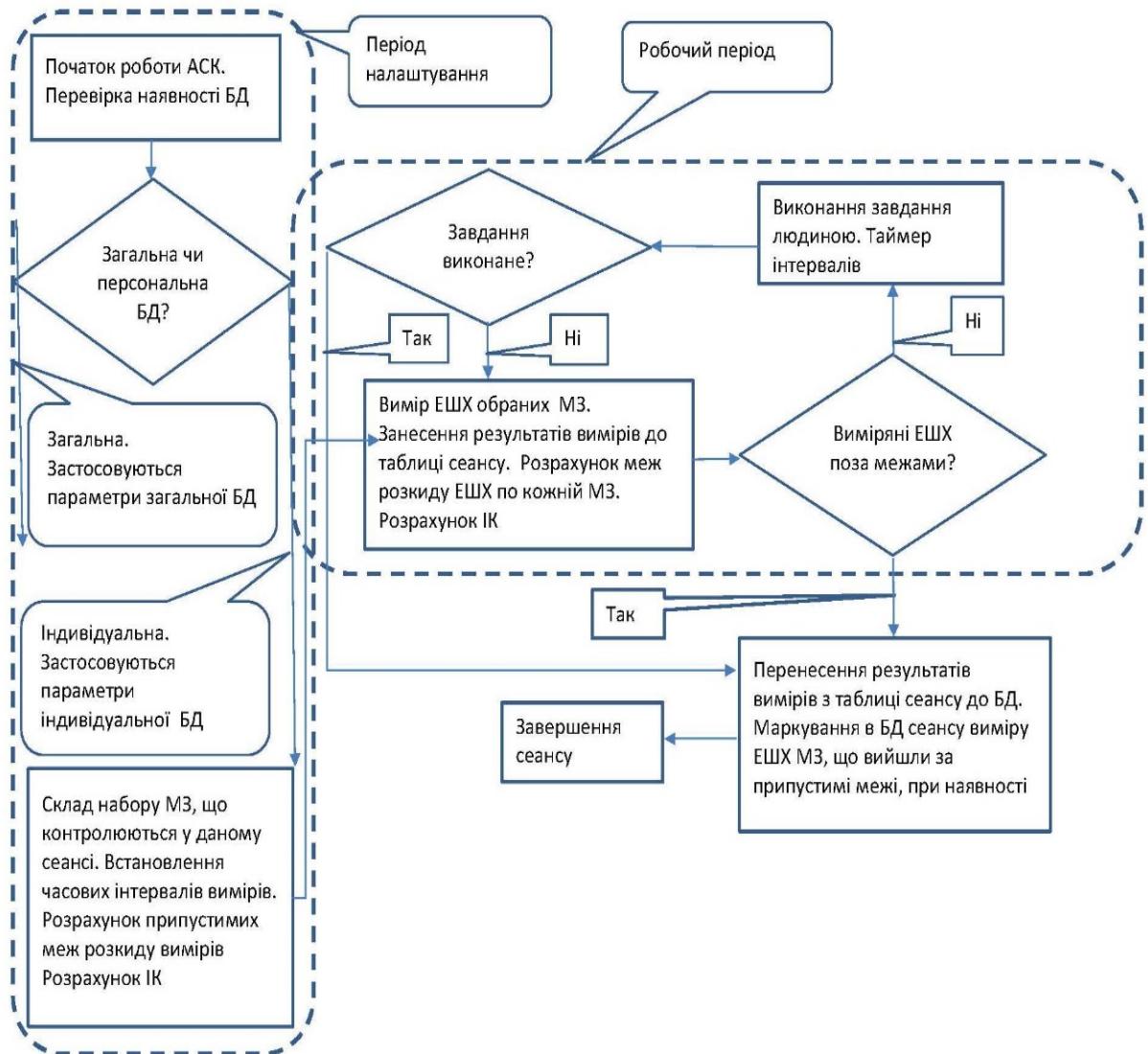


Рис. 5.5. Алгоритм роботи АСК ФСт у ЕНС

Через визначений в АСК часовий інтервал, вимір ЕШХ МЗ повторюється, дані вимірів заносяться до таблиці сеансу. Виконується порівняння поточних вимірів з межами інтервалів припустимого розкиду значень. За принципом суперпозиції, розраховується інтегральний критерій ФСт особи. На його основі, робиться висновок щодо збереження попереднього ФСт особою, чи зміни, яка є такою, що свідчить про перевантаження ФСт особи, що може негативно вплинути на досягнення АСК мети її діяльності. У цьому випадку, АСК формує попереджувальне повідомлення про ФСт особи. Рішення про подальшу роботу особи у ЕНС, відповідно до змін ФСт, приймає або сама особа, або її керівник (викладач).

Робочий період закінчується або по виконанню завдання, що мала людина для роботи в ЕНС, або при прийнятті рішення про закінчення, у зв'язку з запороговими змінами параметрів ФСт особи на базі ЕШХ МЗ.

5.3.1. Застосування алгоритму збору, оброблення даних ЕШХ МЗ на прикладі індивідуальної бази даних системи контролю функціонального стану особи в ергатичній навчальній системі

Індивідуальні БД ФСт були нами створені для декількох осіб. Параметри ЕШХ МЗ при роботі в ЕНС у цих людей вимірювались, узагальнювались і оброблялись у відповідності до алгоритмів роботи АСК, що описані в пп. 3.2, 5.1, 5.3, до; під час; по закінченні роботи в ЕНС. Часові інтервали всередині робочого часу були експериментально обрані у 45 хвилин, - тривалість аакадемічного часу.

Для наочності процесу обробки поточних даних і створення висновку щодо можливості продовжувати роботу людини в ЕНС застосовано метод візуалізації (рис. 5.6).

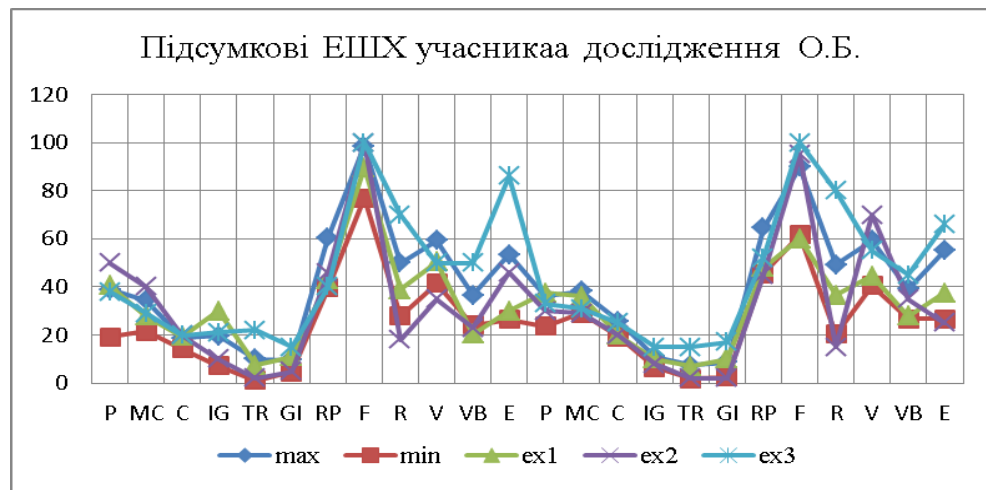


Рис. 5.6. Візуалізація параметрів ФСт особи, яка працює в ЕНС на прикладі даних чергових вимірів ЕШХ МЗ

На представленому зображенні розташовані криві – гістограми ЕШХ МЗ. В легенді крива з назвою max – це максимально припустимі параметри ЕШХ МЗ

однієї особи,  $\min$  – мінімально припустимі. У разі виходу чергового виміру ЕШХ МЗ за межі, такий параметр може вважатись ознакою перевантаження певної ФС. Чи знаходиться ФСт особи поза межами нормального для цієї особи стану, обчислюється за формулою (3.6) (принцип суперпозиції). Криві, позначенні на рисунку як « $exN$ », – чергові виміри ЕШХ МЗ особи.

Криві  $ex1$  і  $ex2$ , як видно з рис. 5.6, не виходять за межі мінімально та максимально припустимого розкиду параметрів ЕШХ, хоч параметри деяких МЗ розташовані в примежевій зоні. Ці виміри були зроблені на початку роботи людини і через годину після початку.

Крива  $ex3$  наочно ілюструє вихід параметрів ЕШХ МЗ за межі припустимого розкиду, що відбулося через три академічні години від початку роботи людини в ЕНС.

Втома, перевантаження певних ФС відбилися на параметрах ЕШХ. Суб'єктивно в час, ФСт в який відображений на кривій  $ex3$ , людина відчувала значну втому і потребувала зміни діяльності для перепочинку.

Розрахунок інтегрального критерію проведено за формулами (3.5)- (3.10).

Об'єктивно обчислений для всіх трьох показаних кривих за формулою 3.9 інтегральний критерій ФСт, показав перевищення максимально можливої суми у третьому випадку, і попадання деяких параметрів ЕШХ МЗ перших двох кривих у примежеву полосу.

Відповідно до результатів розрахунків за формулами (3.7) і (3.8), виміри не викликають і появи попереджувального повідомлення про попадання параметрів у прикордонний стан, адже, за принципом суперпозиції, в сумі відхилення не складають критичного рівня.

Перспективи дослідження полягають у подальшому розвитку технології визначення ЕШХ МЗ осіб у різноманітних ситуаціях роботи, навчання, відпочинку тощо, для розкриття зв'язків між параметрами різних ФС організму та їх відображенням у електрошкірних характеристиках певних мікрозон, з метою формування притаманних всім методам контролю функціонального стану еталонних класифікацій параметрів ЕШХ МЗ осіб у різних вікових, гендерних,

діяльносних групах, як такої, що може застосовуватись у різних ергатичних та/або діагностичних системах.

Висновки до розділу.

1. Під час роботи в ЕНС параметри функціонального стану осіб, контрольовані за допомогою методів варіабельності серцевого ритму, реовазографії верхніх кінцівок, змінюються. Параметри електрошкірних характеристик контрольованих мікрозон на тілі людини мають статистично значущу кореляцію з параметрами ФСт, отриманими за застосування визнаних методів контролю функціонального стану серцево-судинної системи людини, ВСР та РВГ. Коефіцієнти кореляції між статистичними і частотними показниками ВСР, і ЕШХ певних МЗ, зазначених у п.4.5, дорівнюють  $0,7 \div 0,85$  при рівні значущості  $p < 0,01$ .

2. Відносні зміни параметрів ЕШХ МЗ що відбуваються внаслідок роботи особи у ергатичному середовищі, мають статистично достовірну кореляцію з рівнем ситуативної і особистісної тривожності людини; коефіцієнт  $\gamma$ -кореляції між ними дорівнює  $0,7 \div 0,8$  при  $p < 0,05$ .

3. Розроблено алгоритм способу встановлення граничних рівнів задовільного стану особи з урахуванням взаємодії функціональних систем особи в процесі її роботи в комп'ютерній ергатичній навчальній системі.

4. На основі методу контролю електрошкірних характеристик мікрозон, (п. 3.4.1) створено систему контролю функціонального стану осіб, що працюють в ергатичному середовищі. ЕНС, що має в своєму складі систему контролю біологічної ланки системи – функціональний стан особи що працює, – є контрольованою у всіх своїх складових. Це надає змогу керувати нею для оптимізації досягнення мети діяльності системи.

5. Представлено модель системи автоматизованого контролю функціонального стану осіб, що є складовою ергатичної навчальної системи.

6. Розроблено структуру автоматизованої системи контролю зміни функціонального стану людини в ергатичній системі з використанням параметрів електрошкірних характеристик.

7. Розроблено алгоритм роботи автоматизованої системи контролю ФСт людини в ЕНС, на основі бездротових технологій передачі даних, з реалізацією алгоритму визначення поточних функціональних станів осіб на базі електрошкірних характеристик контрольних мікрозон.

8. Розроблено алгоритм роботи системи автоматизованого контролю ФСт особи, як частини ЕНС, з індивідуальним налаштуванням параметрів, на прикладі моделі системи автоматизованого контролю стану особи що працює у ЕНС, на основі параметрів електрошкірних характеристик контрольних мікрозон, та програмне забезпечення формування інформаційних потоків автоматизованої системи контролю функціонального стану осіб у ЕНС.

Основні положення розділу опубліковано в таких наукових працях автора: [10, 78, 79, 82, 84, 150, 185].

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та вирішення актуального науково-технологічного завдання – на основі обґрунтування особливостей впливу ергатичного навчального середовища на зміни функціонального стану суб'єктів навчання для запобігання погіршення їх здоров'я розроблено інтегральний критерій – електрошкірних характеристик мікрозон, що став базовим для створення автоматизованої системи контролю функціонального стану осіб, які навчаються.

1. На основі аналізу літератури показано, що сучасні поширені методи дослідження функціонального стану людини не дозволяють проводити моніторинг стану ФС у реальному часі в студентів у процесі їх навчальної діяльності. Обґрунтовано можливість використання електрошкірних параметрів мікрозон як базису неінвазивних оперативних методів дослідження функціонального стану.

2. Досліджено зміни функціонального стану особи, яка працює в системі «особа-комп'ютер», за допомогою методів ВСП, РВГ. Аналіз показників ВСП свідчить, що під час роботи в ергатичній навчальній системі в осіб відбулися активізації як симпатичного, так і парасимпатичного відділів ВНС. У контрольній групі зміни показників ВСП показували підвищення активності парасимпатичного відділу ВНС. За даними РВГ, у досліджуваній групі виявлено асиметрію кровонаповнення дрібних судин, що дорівнює 40 %, та зростання тонуусу середніх і дрібних артеріол – до 17 % від початкового рівня, що свідчить про утруднення венозного відтоку в судинах верхніх кінцівок.

3. Опрацювання даних вимірів електрошкірних характеристик мікрозон дозволило відкрити та вперше описати явище сталості середніх значень ЕШХ МЗ, що надало змогу отримати стійкі значення електрошкірних характеристик і визначати їх поточні відхилення. На основі явища створено новий метод вимірювання й опрацювання параметрів функціонального стану особи. Визначено, що робота в ергатичній комп'ютерній системі вплинула на стан

мікрозон. Зміни параметрів ЕШХ від початкового стану становили: TR – 28,7 %, GI – 18,3 %, R – 19,7 %, V – 10,2 %, VB – 15,4 %. Робота в звичайному класі вплинула на стан мікрозон: IG – 5,8 %, TR – 6,8 %, GI – 10,0 %, V – 9,5 %, VB – 12,3 % зниження від початкового рівня.

4. Розроблено алгоритм визначення зміни функціонального стану осіб в ергатичних системах на основі узагальненого критерію припустимого розкиду параметрів електрошкірних характеристик контрольованих мікрозон. Проведено кореляційний аналіз між початковими та підсумковими параметрами ВСР, РВГ і ЕШХ МЗ, а також кластерний аналіз параметрів функціонального стану осіб за двома моделями: показників ВСР; параметрів ЕШХ МЗ. За параметрами ВСР та ЕШХ створено кластери майже тотожного складу. Доведено, що контроль ЕШХ МЗ є так само інформативним, як контроль ВСР.

5. Розроблено модель та програмне забезпечення системи автоматизованого контролю функціонального стану людини під час роботи в ергатичній навчальній системі на основі моніторингу параметрів електрошкірних характеристик контрольованих мікрозон та запропонованого методу оброблення результатів ЕШХ на базі явища сталості середніх значень ЕШХ МЗ.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні методи и засоби для визначення и діагностування емоційного стресу : монографія / С. М. Злепко, О. П. Мінцер, В. В. Сергєєва та ін. ; за заг. ред. О. П. Мінцера. Вінниця, 2011. 228 с.
2. Машин В. А. Психічне навантаження, психічне напруження і функціональний стан операторів систем управління. *Питання психології*. 2007. № 6. С. 86-96.
3. Баєвський Р. М., Кудрявцева В. І. Особливості регуляції серцевого ритму при розумовій роботі. *Фізіологія людини*. 1975. Т. 1, № 2. С. 296-301.
4. Баєвський Р. М., Кирилов О. І., Кльоцкін С. З. Математичний аналіз змін серцевого ритму при стресі. Москва : Наука, 1984. 221 с.
5. Кальниш В. В., Пишнов Г. Ю. Єдність змін функціонального стану організму працюючого при розвитку втоми. *Укр. журн. з проблем медицини праці*. 2012. № 1. С. 55-66.
6. Методичні рекомендації з аналізу варіабельності серцевого ритму. Комп'ютерна система оцінки динаміки зміни функціонального стану людини. Харків : ХАІ-Медика, 2009. 122 с.
7. РЕОК для WINDOWS XP. Комп'ютерна система реографії. - Харків : ХАІ-Медика, 2009. 140 с.
8. Nakatani Y., Yamashyta K.. Ryodoraku Akupuncture. Tokyo, 1977. 120 p.
9. Нечушкін А. І, Гайдамакин А. М. Метод стандартного вегетативного тесту ЦІТО (СВТ-ЦІТО). Свідоцтво про реєстрацію МЗСРСР №108/30 від 27.05.77.
10. Страхова О. П., Рижов О. А. Оцінка психофізіологічного стану студента методом визначення електрошкірних характеристик біологічно активних точок. *Мед. інф-ка та інженерія*. 2010. № 1. С. 33-38.
11. Павлов И. П. Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности (поведения) животных. Москва : Наука, 1973. С. 436-447.

12. Skin Impedance Measurements for Acupuncture Research: Development of a Continuous Recording System / A. P. Colbert, J. Yun, A. Larsen et al. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 2008. Vol. 5, Issue 4. P. 443–450.

13. Ключиков И. А., Лукашов М. И. Контроль состояния человека-оператора на основе анализа показателей гемодинамики и кожно-гальванической реакции. *Биомед. радиоэлектроника*. 2014. № 9. С. 22-27.

14. Серегин Г. Н. Авиационные тренажеры – реальный путь к повышению безопасности полетов. *Право и безопасность*. 2006. Т. 12, № 3-4. С. 20-21.

15. Stress revisited: a critical evaluation of the stress concept / J. M. Koolhaas, A. Bartolomucci, B. Buwalda et al. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2011. Vol. 35, No 5. P. 1291-1301.

16. General considerations for lung function testing / M. R. Miller, R. Crapo, J. Hankinson et al. *European Respiratory J.* 2005. Vol. 26, N 1. P. 153–161.

17. Vigdor J. L., Ladd H. F. Scaling the Digital Divide: Home Computer Technology and Student Achievement. NBER Working Paper No. w16078, 2010. 40 p.

18. А. с. 30928. Компьютерная программа “Информационная система распределенного доступа к полнотекстовым документам E-Lib.RATOS” / А. А. Рыжов, Э. О. Супрун. № 31089 ; заявл. 07.09.2009.

19. Страхова О. П. Интернет як елемент оточуючого середовища сучасного студента / О. П. Страхова, О. А. Рижов // Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2016: матеріали Всеукр. наук.-метод. відеоконф. з міжнар. участю (13 жовтня 2016 року, м. Запоріжжя) – Запоріжжя, 2016. – С. 156-157.

20. Подшибякин А. К. Значение активных точек кожи для эксперимента и клиники. *Автореф. дис.д-ра. мед. наук*. Киев, 1960. – 31 с.

21. Human-Computer Interaction and Operators' Performance: Optimizing Work Design with activity theory / ed. by G. Z. Bedny, W. Karwowski. CRC Press, 2010. P. 363-381.

22. Mendes W. B. Assessing the autonomic nervous system. *Methods in social neuroscience* / ed. E. Harmon-Jones, J. S. Beer. Guilford Press, 2009. P. 118–147.

23. Страхова О. П., Рыжов А. А., Захарчук И. С. Информативность метода определения функционального состояния человека в эргатической компьютерной системе. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики.* – 2013. Дод. до № 3. С. 75–76.

24. Attitudes Toward e-Mental Health Services in a Community Sample of Adults: Online Survey / S. March, J. Day, G. Ritchie et al. *J. Med. Internet. Res.* 2018. Vol. 20, N 2.

25. Wallin E. E., Mattsson S., Olsson E. M. The Preference for Internet-Based Psychological Interventions by Individuals Without Past or Current Use of Mental Health Treatment Delivered Online: A Survey Study With Mixed-Methods Analysis. *JMIR Ment Health.* 2016. Vol. 3, N 2. e25.

26. Apolinário-Hagen J., Kemper J., Stürmer C. Public Acceptability of E-Mental Health Treatment Services for Psychological Problems: A Scoping Review *JMIR Ment Health.* 2017. Vol. 4, N 2. e10.

27. Bubric K., Hedge A. Differential patterns of laptop use and associated musculoskeletal discomfort in male and female college students. *Work.* 2016. Vol. 55, N 3. P. 663-671.

28. Global Augmented Reality Market Forecast by Product (HMD, HUD, Tablet PC, Smartphone) for Gaming, Automotive, Medical, Advertisement, E-learning & GPS Applications (2011-2016) : report to their offering. Market and Markets, 2011. 214 p.

29. Слободянюк А. В. Місце та роль інформаційної системи Інтернет у житті сучасного студента. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми* : зб. наук. пр. Вінниця, 2011. Вип. 28. С. 467-472.

30. Евтушенко А. С. Оценка функционального состояния студентов в динамике зрительного труда по электрофизиологическим показателям. *Актуальні проблеми сучасної медицини.* 2015. Т. 15, вип. 3(2). С. 206-211.

31. Камінська О. Вплив інтернет-залежності на формування ціннісних орієнтацій молоді. *Нова педагогічна думка.* 2014. № 1. С. 178-182.

32. Вакуліч Т. М. Психологічні чинники запобігання Інтернет-залежності підлітків : автореф. дис. ... канд. психол. наук : 19.00,07 / Центральний ін-т післядипл. пед. освіти АПН України. Київ, 2006. 20 с.

33. Турецька Х. І. Вікові особливості сенсожиттєвих орієнтацій схильних до Інтернет-залежності осіб. *Збірник наукових праць інституту психології ім. Г. Костюка*. 2010. Т. 13, ч. 4. С. 395-409.

34. Смагулов Н. К., Хантурина Г. Р., Кожевникова Н. Г. Влияние компьютеров на показатели здоровья студентов. *Международ. журн. эксперим. образования*. 2013. № 10-2. С. 271-275.

35. Хасанова Н. М., Трохимчук Л. Ф., Филимонова Т. В. Оценка функционального состояния организма студентов в условиях работы на компьютере. *Международ. журн. эксперим. образования*. 2013. № 10-2. С. 271-275.

36. Ковалів М. О. Динаміка функціонального стану серцево-судинної системи першокурсників медичного університету за різних систем навчання. *Буковин. мед. вісн.* 2016. Т. 20, № 1. С. 50-56.

37. Undergraduate college students' upper extremity symptoms and functional limitations related to computer use: a replication study / M. Jenkins, C. C. Menéndez, B. C. Amick 3rd et al. *Work*. 2007. Vol. 28, N 3. P. 231-238.

38. Upper extremity pain and computer use among engineering graduate students: a replication study / C. C. Menéndez, B. C. Amick 3rd, M. Jenkins et al. *Am. J. Ind. Med.* 2009. Vol. 52, N 2. P. 113-123.

39. Upper extremity musculoskeletal symptoms and functional impairment associated with computer use among college students / N. Hupert, B. C. Amick, A. H. Fossel et al. *Work*. 2004. Vol. 23, N 2. P. 85-93.

40. Горго Ю. П., Маліков М. В., Богдановська Н. В. Екологічна біофізика людини : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2006. 175 с.

41. Долодаренко А. Г., Фатхутдинова Л. М., Гараева Л. Т. Проспективное исследование влияния занятий за компьютером на состояние здоровья детей среднего школьного возраста. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2006. № 3. С. 157-163.

42. Компьютерная зависимость как фактор риска формирования неинфекционной патологии населения / Т. С. Борисова, Н. А. Болдина, М. М. Солтан, Ж. П. Лабодаева. *Актуальные проблемы медицины* : сб. мат. 23-й итоговой науч. сессии Гом. Госуд. мед. университета. Гомель, 2014.

43. Борисова Т. С., Солтан М. М., Болдина Н. А. Медико-социальные аспекты использования информационно-коммуникационных технологий среди учащихся и молодежи. *Здоровье и окружающая среда* : сб. науч. тр. 2014. Т. 2, вып. 24. С. 111-114.

44. Борисова Т. С., Солтан М. М., Матюхина Л. М. Методология оценки риска неблагоприятного течения адаптации детей к школе. *Достижения медицинской науки Беларуси*. 2014. Вып. 19. С. 121-122.

45. Формування превентивного виховного середовища загальноосвітнього навчального закладу : навч.-метод. посіб. / Єжова О. О., Кириченко В. І., Тарасова Т. В. та ін. ; за заг. ред. Оржеховської В. М. Кіровоград: Імекс ЛТД, 2014. 172 с.

46. Резван О. О. Рефлексивне освітнє середовище як чинник розвитку особистості майбутнього фахівця. *Педагогіка та психологія* : зб. наук. пр. Харків, 2015. Вип. № 50. С. 290-299.

47. Клепко С. Ф. Філософія освіти в європейському контексті. Полтава : ПОШПО, 2006. 328 с.

48. Ленкова О. О., Мороховець Г. Ю., Міщенко С. В. Формування інформаційно-комунікаційних компетенцій майбутніх лікарів на засадах використання комп'ютерних технологій у навчальному процесі. *Актуальні проблеми сучасної медицини*. 2015. Т. 15, вип. 3(51), ч. 1, С. 264-269.

49. Маринчина І. М., Гайдуков В. А. Інформаційно-комунікативні технології в системі викладання у медичному вузі. *Качество экономического развития: глобальные и локальные аспекты*: матер. IV междун. науч.-практ. конф. Киев, 2012. С. 14-17.

50. Кальниш В. В., Швець А. В., Буцик А. Л. Підходи до комп'ютерного моделювання емоційних станів при здійсненні операторської діяльності. *Мед. інформатика та інженерія*. 2010. № 4. С. 49-53.

51. Марценюк В. П., Кравець Н. О., Сверстюк А. С. Інформаційна система медико-біологічних досліджень: проект на основі Web-технологій. *Укр. журн. телемедицини та медичної телематики*. 2003. Т. 1, № 1. С. 57-60.

52. Ковальчук Л. Я., Марценюк В. П. Комп'ютерні технології в медичній освіті. *Мед. інформатика та інженерія*. 2008. № 1. С. 14-16.

53. Марценюк В. П., Вакуленко Д. В. Огляд математичних та інформаційних моделей в задачах реконструкції іксткової тканини. *Мед. інформатика та інженерія*. 2008. № 1. С. 40-46.

54. Марценюк В. П. Розробка і впровадження системи електронного навчання в Тернопільському державному медичному університеті імені І. Я. Горбачевського. *Мед. освіта*. 2008. № 2. С. 74-75.

55. Марценюк В. П., Кравець Н. О. Про програмне середовище проектування інтелектуальних медичних баз даних. *Клін. інформат. і телемед.* 2004. Т. 1, № 1. С. 47-53.

56. Марценюк В. П., Стаханська О. О. Визначення пріоритетених інноваційних методик підготовки лікарів-стоматологів на основі методу аналізу ієрархій. *Мед. освіта*. 2009. № 3. С. 13-18.

57. Марценюк В. П., Сверстюк А. С., Вар'ян Н. В. Нові діагностичні ознаки в комп'ютерних системах діагностики функціонального стану серцево-судинної системи людини. *Мед. інформатика та інженерія*. 2011. № 1. С. 68-74.

58. Мінцер О. П., Бабінцева Л. Ю., Банчук М. В. Засади створення єдиної державної системи інформаційного забезпечення закладів охорони здоров'я. *Мед. інформатика та інженерія*. 2011. № 3. С. 5-12.

59. Концептуальні узагальнення щодо структурної організації комп'ютерних мереж вищих медичних навчальних закладів / О. П. Мінцер, О. А. Рижов, В. П. Марценюк, В. В. Краснов. *Мед. інформатика та інженерія*. 2013. № 4. С. 7-15.

60. Рижов О. А. Модель представлення знань на основі понять для комп'ютерних систем навчання. *Мед. інформатика та інженерія*. 2008. № 2. С. 83-88.

61. Вороненко Ю. В., Мінцер О. П., Краснов В. В. Електронні навчальні посібники для відображення медичних процедурних знань: принципи, етапи створення, методологія. Київ, 2009. 160 с.

62. Страхова О. П. Особенности методов исследования электрокожных характеристик. *Медицина и экология*. 2014. № 2. С. 14-19.

63. Этапы формирования навыков. Тренировка и тренажеры. URL : <http://psyera.ru/etapy-formirovaniya-navykov-trenirovka-i-trenazhery-929.htm>.

64. Лёвкин О. А., Сериков К. В. Опыт использования симуляционных технологий при обучении врачей и парамедиков. *Матеріали XII навчально-методичної конференції ДЗ „ЗМАПО МОЗ України”*. Запоріжжя, 2015. С. 67-68.

65. Использование компьютерных симуляторов в самостоятельной работе врачей интернов и курсантов на кафедре офтальмологии / Н. Г. Завгородняя, О. А. Рудычева, Н. С. Луценко и др. *Матеріали VII навчально-методичної конференції ДЗ „ЗМАПО МОЗ України”*. Запоріжжя, 2010. С. 31-32.

66. Використання методик стимуляційного навчання у підвищенні професійної компетенції лікарів та парамедиків на кафедрах ДЗ «ЗМАПО МОЗ України» / О. С. Ніконенко, С. Д. Шаповал, С. М. Дмитрієва, Т. О. Грицун. *Мед. освіта*. 2016. № 2. С. 120-123.

67. Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» від 08.09.2011 р. № 3715-VI (із змінами). URL : <http://zakon.rada.gov.ua/go/433-15>.

68. Стан здоров'я дітей 0-17 років включно [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://medstat.gov.ua/ukr/statreports.html>.

69. Дудіна О. О., Терещенко А. В. Ситуаційний аналіз стану здоров'я дитячого населення. *Вісн. соц. гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2014. № 2 (60). С. 49-56.

70. Фізіологічні терміни : тлумачний словник / С. Н. Вадзюк, Є. А. Макій, П. О. Неруш, О. Г. Родинський. Укрмедкнига, 2005. 194 с.

71. Шиян А. А. Основи моделювання біологічних та ергатичних систем : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2008. 131 с.

72. Волкова В. Н. Теория систем. Москва : Высшая школа, 2006. 214 с.
73. Чернышов В. Н., Чернышов А. В. Теория систем и системный анализ : учеб. пособие. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 96 с.
74. Маліков М. В., Сватъєв А. В., Богдановська Н. В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті : навч. посіб. Запоріжжя, 2006. 227 с.
75. Етика ділових відносин : навч. посіб. / О. Й. Лесько, М. Д. Прищак, О. Б. Залюбівська, Г. Г. Рузакова. Вінниця : ВНТУ, 2011. 320 с.
76. Економіко-математичне моделювання : навч. посіб. / за ред. О. Т. Іващука. Тернопіль : ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
77. Рыжов О. А., Попов А. М. Когнитивный прототип как практический базис для структуризации и представления учебных декларативных знаний в ИСДО. *Клинич. информатика и телемедицина*. 2012. № 1. С. 133-138.
78. Страхова О.П. Доповнення до способу виміру електрошкірних характеристик корпоральних мікрозон на тілі людини (аналог метода Й.Накатані). / О. П. Страхова, О. А. Рижов // Інформаційний лист № 238-28.10.2015.
79. Страхова О. П. Доповнення до способу діагностування за даними вимірювання електрошкірних характеристик корпоральних мікрозон на тілі людини за методом Накатані. / О. П. Страхова, О. А. Рижов // Інформаційний лист № 237-28.10.2015.
80. Економіко-математичне моделювання : навч. посіб. / за ред. О. Т. Іващука. Тернопіль : ТНЕУ «Економічна думка», 2008. 704 с.
81. Страхова О. П. Вплив ергатичного середовища дистанційної освіти на функціональний стан студента. *Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2015*: матеріали II з'їзду з міжнар. участю «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» (12–13 лист. 2015, Запоріжжя). Запоріжжя; Київ: ЗДМУ, 2015. С. 169–170.
82. Страхова О. П., Рижов О. А. Система контролю функціонального стану людини в комп'ютерному середовищі. *Relevant issues of modern medicine: the experience of Poland and Ukraine*. Lublin, Republic of Poland, October



20–21, 2017. P. 150–152.

83. Сергеев С. Ф. Введение в инженерную психологию и эргономику иммерсивных сред. Санкт-Петербург : СПбГУ ИТМО, 2011. 259 с.

84. Страхова О. П., Рыжов А. А. Метод оценки функционального состояния человека на основе явления стабильности средней величины проводимости в микрizonaх. *Медицина інформатика та інженерія*. 2014. № 3. С. 62–68.

85. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системный поход. Новая философская энциклопедия. Москва : Мысль, 2010. 115 с.

86. Mirkin B. Core Concepts in Data Analysis: Summarization, Correlation and Visualization. Springer, 2011. 219 p.

87. Сергеев С. Ф., Сергеева А. С. Проблема сознания в обучающих системах и средах. *Открытое образование*. 2016. Т. 20, № 3. С. 9-15.

88. Ананьина Ю. В., Блинов В. И., Сергеев И. С. Образовательная среда: развитие образовательной среды среднего профессионального образования в условиях сетевой кластерной интеграции : монография / под ред. В.И. Блинова. Москва : ООО «Аванглион-принт», 2012. 152 с.

89. Евтихов О. В. Типы образовательных сред в современном образовании. *Совр. исследования социальных проблем*. 2014. № 4 (36). С. 34-43.

90. Дмитриев М. Г. Организационно-педагогические условия проектирования эргатической образовательной среды в системе среднего профессионального образования : дис. ... канд. пед. наук : 13.00,08 / Москов. гос. ин-т культуры. Химки, 2016. 248 с.

91. Страхова О. П., Рыжов А. А. Статистический анализ показателей функционального состояния человека в эргатической системе «человек – компьютер». *Клиническая информатика и телемедицина*. 2014. Т. 10. Вып. 11. С. 61–65.

92. Шиян А. А. Економічна кібернетика : вступ до моделювання соціальних і економічних систем. Львів : Магнолія – 2006, 2007. 226 с.

93. Bubric K., Hedge A. Differential patterns of laptop use and associated musculoskeletal discomfort in male and female college students. *Work*. 2016. Vol. 55,

N 3. P. 663-671.

94. Woo E. H., White P., Lai C. W. Musculoskeletal impact of the use of various types of electronic devices on university students in Hong Kong: An evaluation by means of self-reported questionnaire. *Man Ther.* 2016. Vol. 26. P. 47-53.

95. Сергеев С. Ф. Образование в глобальных техногенных средах: возможности и ограничения. *Образовательные ресурсы и технологии.* 2012. № 1. С. 21-32.

96. Вишневский В. В. Телемедицинские технологии и научные исследования. *Укр. журн. телемедицини та медичної телематики.* 2006. Т. 4, № 1. С. 57-61.

97. Вишневский В. В., Файнзильберг Л. С., Рагульская М. В. Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека. *Биомед. технологии и радиоэлектроника.* 2003. № 3. С. 3-11.

98. Кальныш В. В. Контентс-моделирование процесса коэволюции человека и техники. *Клинич. информатика и телемедицина.* 2010. Т. 6, вып. 7. С. 105-112.

99. Сальников А. А., Вишневский В. В., Борецкий А. Ф. Платформа как сервис в грид для интерактивного анализа медицинских данных. *Математичні машини і системи.* 2015. № 1. С. 53-64.

100. Global Augmented Reality (AR) Market Forecast by Product (HMD, HUD, Tablet PC, Smartphone) for Gaming, Automotive, Medical, Advertisement, Defense, E-learning & GPS Applications (2011-2016) : report to their offering. Market and Markets, 2011. 214 p.

101. Мірошниченко Л. Г. Віртуальна реальність. 2-ге вид. Київ : Хімджест, 2006. 104 с.

102. Краснов В. В. Розробка системи інформаційного відображення процесів передачі знань в післядипломній медичній освіті : дис. ... д-ра мед. наук : 14.03.11 / Нац. мед. акад. післядиплом. освіти ім. П.Л. Шупика. Київ, 2011.

103. Лебедев М. А., Палатов С. Ю., Ковров Г. В. Усталость и ее проявления. *РМЖ.* 2014. № 4. С. 282.

104. Анохин П. К. Системогенез как общая закономерность эволюционного процесса. *Бюл. эксперим. биологии и медицины*. 1948. Т. 26, № 2. С. 81-99.
105. Touch Receptors Undergo Rapid Remodeling in Healthy Skin / K. L. Marshall, R. C. Clary, Y. Baba et al. *Cell. Rep.* 2006. Vol. 17, N 7. P. 1719-1727.
106. Судаков К. В. Избранные труды. Т. 1. Развитие теории функциональных систем. Москва, 2007. 319 с.
107. Strakhova O., Ryzhov A. Change evaluations in the human functional state in learning ergatic system. *International Scientific congress of Olympic sport and sport for all*. Beijing, China June 2-6, 2013. P.80–82.
108. Гаркави Л. Х., Квакина Е. Б., Уколова М. А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов-нД, 2009. 224 с.
109. Матковский С. О., Вдовин М. Л., Панчишин Т. В. Статистика : навч. посіб. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2010. 344 с.
110. Галецька І. Клініко-психологічне дослідження : навч. посіб. Львів : Вид-во ЛНУ, 2015. 242 с.
111. Прихожан А. М. Тревожность у детей и подростков: Психологическая природа и возрастная динамика. Москва, 2000. 328 с.
112. Полищук В. И., Терехова Л. Г. Техника и методика реографии и реоплетизмографии. Москва : Медицина, 1983. 176 с.
113. Дратцев Е. Ю. Особенности регионального мышечного кровообращения у спортсменов высокой квалификации : дис. канд. биол. наук : : 03.00.13 / Ярослав. гос. пед. ун-т им. К.Д. Ушинского. Ярославль, 2008. 161 с.
114. Калениченко А. В., Кудий Л. И., Безрукавый Л. В. Изменения variability сердечного ритма у студентов-спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса при длительной умственной нагрузке. *Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта*. 2010. № 12. С. 52-55.
115. Колачов С. П., Драглюк О. В., Шемендюк О. В. Підхід до побудови систем підтримки прийняття рішень для оцінки функціонального стану людини-оператора з використанням адаптаційних інформаційних моделей. *Сучасні*

*інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2013. № 3 (18). С. 40-42.

116. Юхновський І. Р. Основи квантової механіки. Київ : Либідь, 2002. 392 с.

117. Jackson J. D. *Klassische Elektrodynamik*. 4. Auflage. Berlin, 2006. 217.

118. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональной системы. Москва : Психология, 1980. 216 с.

119. Климов Е. А. Психологические сведения в непсихологических публикациях для осваивающих профессии типа "человек–техника" : пособие. Москва : НОУ ВПО "МПСИ", 2013. 112 с.

120. Функциональные системы организма / под ред. К. В. Судакова. – Москва : Наука, 1987. 164 с.

121. Taniar D., Rahayu J. W. *Web Semantics Ontology*. Hersley : Idea Group Publishing, 2006. 404 p.

122. Gracanin A., Kardum I., Hudek–Knezevic J. Relations between dispositional expressivity and physiological changes during acute positive and negative affect. *Psychological Topics* 1. 2007. Vol. 2. P. 311–328.

123. Schaefer A., Philipot P., Sanchez X. Assessing the effectiveness of a large database of emotion–eliciting films: A new tool for emotion researchers. *Cognition and Emotion*. 2010. Vol. 24. N 7. P. 1153–1172.

124. Яремко С. Побудова моделі оцінки функціонального стану людини в системах медичного телемоніторингу. *Internet – Education – Science : The Sixth International Conference*. Vinnytsia, 2008. С. 340-343.

125. Страхова О. П., Рижов О. А., Волох Н. Г., Черепок О. О. Кореляції між електрошкірними характеристиками мікрозон і параметрами клінічного і біохімічного аналізу крові. *Клінічна інформатика і телемедицина* 2017. Т. 12. Вип. 13. С. 119–123.

126. Ласкова И. В. Способ определения риска неврологической дисфункции у операторов блока управления атомных электростанций. *Вестн. новых мед. технологий*. 2007. № 3. С. 11–14.

127. Анохин А. Н., Ивкин А. С., Чепурко В. А. Методы оценки человеко–машинного интерфейса операторов АЭС. *Доклады БГУИР*. 2015. № 2. С. 109–113.

128. Анохин А. Н., Ивкин А. С., Алонцева Е. Н. Проектирование экологического интерфейса для операторов сложных технологических систем. *Автоматизация в промышленности*. 2014. № 12. С. 20–25.

129. Анохин А. Н. Представление информации для поддержки когнитивной деятельности человека–оператора. *Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики*. 2014. Вып. 6. С. 106–124.

130. Anokhin A., Ivkin A. Evaluation of ecological interface design for supporting cognitive activity of nuclear plant operators. *Proceedings of the 5th International Conference in Applied Human Factors and Ergonomics 2014 and the Affiliated Conferences*. Stoughton, WI : The Printing House, 2014. P. 260–270.

131. Страхова О. П. Ситуативная и личностная тревожность студента в эргатической компьютерной обучающей системе. *Медична інформатика та інженерія*. 2015. № 1. С. 33–38.

132. Власюк А. І., Власюк Б. А., Месюра В. І. Автоматизована віртуальна система діагностики стану організму людини. Інформаційні технології та комп'ютерна техніка. *Вісник ВПІ 2004*. № 3. С. 75–79.

133. Злепко С. М., Белзецкий Р. С., Костишин С. В. Регистрация потенциалов биологически активных точек в системе дистанционного контроля функционального состояния человека в системе дистанционного контроля на базе  $\Sigma$ – $\Delta$  аналого–цифрового преобразователя. *Наукові праці ВНТУ*. 2009. № 1. С. 1–6.

134. Страхова О. П., Рыжов А. А. Корреляционный анализ показателей функционального состояния участников эргатической обучающей системы *Запорожский медицинский журнал*. 2012. № 6. С. 128.

135. Определение функционального состояния канала по изменению электрокожного сопротивления в одной точке / А. И. Нечушкин, Г. В. Лысов, Е. Б. Новикова, С.С. Усанов. *Иглорефлексотерапия*. Горький, 1974. С. 22–25.

136. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. Москва : Издательство БИНОМ, 2007. 411 с.

137. Сергеев С. Ф. Присутствие и иммерсивность в обучающих средах. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 109 с.

138. Виттих В. А. Интерсубъективные системы как объекты постнеклассической науки. *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2012. № 1. С. 53–55.

139. Диков А. В. Образовательное пространство Интернета и возможности встраиваемых мини-приложений. *Школьные технологии*. 2012. № 1. С. 153–156.

140. Войскунский А. Е., Богачёва Н. В. Основные направления киберпсихологических исследований компьютерной игровой деятельности и геймеров. *Информационные системы для научных исследований* : сб. науч. ст. Труды XV Всерос. объедин. конф. «Интернет и современное общество». СПб., 2012. С. 336–340.

141. Страхова О. П., Рыжов А. А. Влияние работы в эргатической системе «человек – компьютер» на показатели реовазографии и электрокожных характеристик микрозон на коже человека. *Клиническая информатика и телемедицина*. 2014. Т. 10. Вып. 11. С. 181–182.

142. Сергеев С. Ф. Инженерная психология и эргономика. Москва : Народное образование, 2008. 176 с.

143. A Comprehensive Guide to Chinese Medicine / ed. P. C. Leung. 2nd ed. Singapore : World Scientific Publication, 2015. 391 p.

144. Жирмунский А. В., Кузьмин В. И. Третья система регуляции функций организма человека и животных–система активных точек. *Журн. общей биологии*. 1979. Т. 40, № 2. С. 176–189.

145. Карпенко М. П. Когномика. Москва : СГА, 2009. 225 с.

146. Архипов М. В., Головин В. Ф., Журавлев В. В. Эргатические и биотехнические системы управления в медицинской робототехнике. *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2011. № 5. С. 54–56.

147. Страхова О. П. Информативность метода визуализации данных при определении функционального состояния человека. *Медицина інформатика та інженерія*. 2016. № 1. С. 110.

148. Козак Т. М. Організаційно–педагогічні засади впровадження кредитно–модульної системи підготовки фахівців у вищих педагогічних навчальних закладах III–IV рівнів акредитації : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00,01 / Житомир. держ. ун–т ім. І. Франка. Житомир, 2007. 20 с.

149. Рижов О. А., Васілакін В. В. Структурно–функціональна модель педагогічної системи кафедри медичного навчального закладу із застосуванням автоматизованої навчальної системи. *Мед. інформатика и инженерия*. 2009. № 4. С. 88–94.

150. Strakhova O. Quantitative parameters of the student's functional status and its changes: electrocutaneous characteristics in microzones. *High Education – New Technologies and Innovation (HENTI)*, Kutaisi, Georgia, 2015. С. 35–36.

151. Рижов О. А., Чайковський Ю. Б., Іванькова Н. А. Методологічні аспекти застосування автоматизованих навчальних систем у вищих навчальних закладах в умовах кредитно–модульної системи. *Мед. інформатика и инженерия*. 2009. № 4. С. 5–12.

152. Метешкин К. А. Методологические основы автоматизированного обучения специалистов с использованием интеллектуальных информационных технологий : : дис... д-ра техн. наук : 05.13.06 / Международный славянский ун-т. Харьков, 2006. 346 с.

153. Рижов О. А., Попов А. Н. Інваріантна модель подання знань у системах дистанційного навчання на основі об'єктно орієнтованого підходу. *Мед. інформатика и инженерия*. 2010. № 1. С. 9–14.

154. Мінцер О. П. Роль інформаційних технологій на етапах реформування медичної освіти. *Впровадження кредитно–модульної системи організації навчального процесу у ВМ(Ф)НЗ України: результати проблеми та перспективи* : матеріали Всеукр. навч.–наук. конф. з міжнар. участю (20–21 травня 2010 р.

м. Тернопіль). Тернопіль : Укрмедкнига, 2010. С. 246–247.

155. Єна А. І. Система професійного психофізіологічного відбору працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки : дис... д-ра мед. наук: 14.02.01 / Українська військово-медична академія. Київ, 2004. 386 с.

156. Волосовець О. П. Питання якості освіти у контексті впровадження засад Болонської декларації у вищій медичній школі. *Мед. освіта*. 2005. № 2. С. 12–16.

157. Палагін О. В., Петренко М. Г. Архітектурно–онтологічні принципи розбудови інтелектуальних інформаційних систем. *Математичні машини і системи*. 2006. № 4. С. 15–20.

158. Судаков К. В. Физиология. Основы и функциональные системы. Курс лекций. Москва : Медицина, 2000. 782 с.

159. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. Москва : Медицина, 1975. 198 с.

160. Александров Ю. И. Психофизиология : учеб. для вузов. 2–е изд., перераб. и доп. Москва, 2001. 214 с.

161. Судаков К. В. Биологические мотивации. М. : Медицина, 1971. 311 с.

162. Судаков К. В. Нормальная физиология. Ситуационные задания и тесты. Москва : МИА, 2006. 247 с.

163. Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональной системы. *Избранные труды*. Москва : Наука, 1978. 400 с.

164. Анохин П. К. Кибернетика функциональных систем. *Избранные труды*. Москва : Медицина, 1998. 400 с.

165. Судаков К. В. Индивидуальная устойчивость к эмоциональному стрессу. Москва : Горизонт, 1998. 267 с.

166. Судаков К. В. Системная организация функций человека : Теоретические аспекты. *Успехи физиол. наук*. 2000. Т. 31. № 1. С. 1–17.

167. Судаков К. В. Информационный феномен жизнедеятельности. Москва : Наука, 2000. 185 с.



168. Судаков К. В. Системные аспекты психической деятельности. Москва : Эдиториал УРСС. 1999. 137 с.
169. Судаков К. В. Системные механизмы поведения. Москва : Медицина. 1990. 121 с.
170. Судаков К. В., Рылов А. Л. Тайны мышления. Москва : Педагогика, 1990. 129 с.
171. Сергеев С. Ф. Присутствие в среде. Методология и теория обучения. *Школьные технологии*. 2011. № 5. С. 43–54.
172. Страхова О. П. Интегральный критерий оценки изменения функционального состояния человека. *Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2014*: матеріали Всеукр. наук.-практ. відеоконф. (16–17 жовт. 2014, Запоріжжя). Запоріжжя, 2014. С. 129–130.
173. Страхова О. П., Рыжов А. А. Оценка изменений функционального состояния человека в эргатической системе «человек-компьютер». *Current Issues of Distance Education and Telemedicine: International ukrainian scientific-methodical videoconference*. Запорожье, 2013. С. 17–18.
174. Сергеев С. Ф. Инженерная психология и эргономика : учеб. пособие. Москва : НИИ школьных технологий, 2008. 176 с.
175. Сергеев С. Ф. Эргономика иммерсивных сред : методология, теория, практика. Санкт–Петербург : СПбГУ ИТМО, 2011. 42 с.
176. Strakhova O., Ryzhov A. The phenomenon of stability of the average value of electrocutaneous conductivity in «points-sources of the meridians». *Scientific discussion*. 2017. Vol. 1. № 9. P. 3–9.
177. Мухаметзянов И. Ш. Медицинские аспекты информатизации образования : монография. Москва : ИИО РАО, 2010. 72 с.
178. Поликанова И. С. Психофизиологические детерминанты развития утомления при когнитивной нагрузке : дис. канд. психол. наук 19.00,02 / Москов. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. Москва, 2013. 113 с.
179. Информационные технологии принятия решения в условиях конфликта : учеб. пособие для вузов. В 2 ч. Ч. 2. Оптимальное поведение и

психоэмоциональное состояние / М. В. Алюшин, Л. В. Колобашкина. Москва : НИЯУ МИФИ, 2010. 160 с.

180. Портнов Ф. Г. Электропунктурная рефлексотерапия. Рига : Зинатне, 1982. 311 с.

181. Портнов Ф. Г. Электропунктурная диагностика. Рига : Зинатне, 1980. 250 с.

182. Strakhova O., Ryzhov A. About the stability of the changes in the points-sources. *Медицина и экология*. 2014. № 4. С. 12–17.

183. Voll R. Verification of acupuncture by means of electro acupuncture according to voll. *American Journal of Acupuncture*. 1978. Vol. 6, N 1. P. 1–10.

184. Крамер Ф. Учебник по электроакупунктуре. В 2–х т. Москва : Имедис. 1995. Т. 1. 173 с.

185. Страхова О. П., Рыжов А. А. Явление стабильности средней величины электрокожной проводимости по постоянному току в акупунктурных «точках-источниках меридианов» на теле человека. А. с. № 56102 Украина, ГСАП; заявл. 19.06.2014 № 56504; опубл. 18.08.2014.

186. Концепция универсальности трансформаций функциональных состояний организма работающего человека при развитии утомления / В. В. Кальниш, Г. Ю. Пышнов. *Укр. журн. з проблем медицини праці*. 2011. № 2. С. 11–19.

187. Двоеносов В. Г. Особенности функционального и психологического состояния студентов с различным вегетативным тонусом в условиях экзаменационного стресса. *Учен. записки Казан. ун-та. Сер. естеств. науки*. 2009. Т. 151, № 3. С. 255–265.

188. Кальниш В. В., Левченко В. В. Компьютерное моделирование эмоциональных состояний. *Мед. інформатика та інженерія*. 2012. № 3. С. 34–39.

189. Машин В. А., Машина М. Н. Классификация функциональных состояний и диагностика психоэмоциональной устойчивости на основе факторной структуры показателей variability сердечного ритма. *Рос.*

*физиол. журн. им. И. М. Сеченова*. 2004. Т. 90. № 12. С. 1508–1521.

190. Машин В. А. Зависимость показателей variability сердечного ритма от средней величины RR–интервалов. *Вестн. Харьковского нац. ун-та им. В.Н. Каразина*. Серия «Медицина». 2002. № 3. С. 40–44.

191. Zaphiris P., Ang C. S. *Human Computer Interaction: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. New York : Information Science reference, 2009. 3024 p.

192. Szewczak E. J. *Selected readings on the human side of information technology*. New York, 2008. 525 p.

193. McKay E. *The Human–Dimensions of Human–Computer Interaction Balancing the HCI Equation*. Melbourne, 2008. 261 p.

194. Бодров О. А., Медведев Р. Е. *Предметно-ориентированные экономические информационные системы*. Москва : Горячая линия - Телеком, 2013. 244 с.

195. Про затвердження Вимог з ядерної та радіаційної безпеки до інформаційних та керуючих систем, важливих для безпеки атомних станцій : Наказ Державної інспекції ядерного регулювання України від 22.07.2015 № 140. URL : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0954-15>.

196. Carpal tunnel syndrome pain treated with low–level laser and microamperes transcutaneous electric nerve stimulation: a controlled study / M. A. Naeser, K. A. Hahn, B. E. Lieberman, K. F. Branco. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2002. Vol. 83, N 7. P. 978-88.

197. Collaborative and Immersive Medical Education in a Virtual Workbench Environment / Y. J., Choi S. M. Choi, S. M. Rhee, M. H. Kim. *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems* / ed. : R. Khosla, R. J. Howlett, L. C. Jain. Vol. 3683. Berlin : Springer, 2005. P. 1210-1217.

198. Successful education for AEC professionals: case study of applying immersive game–like virtual reality interfaces / Pour Rahimian F., Arciszewski T., Goulding, J. S. *Vis. in Eng.* 2014. Vol. 2.

199. Implementing an augmented reality-enabled wayfinding system through studying user experience and requirements in complex environments / M. Kim, X. Wang, S. Han et al. *Vis. in Eng.* 2015. Vol. 3. P. 14.

200. Design and Evaluation of a Learner-Centric Immersive Virtual Learning Environment for Physics Education / J. Pirker, C. Gütl, J. W. Belcher, P. H. Bailey. *Human Factors in Computing and Informatics* / ed. : A. Holzinger et al. Vol. 7946. Berlin : Springer, 2013. P. 551–561.

201. Applying virtual reality in medical communication education: current findings and potential teaching and learning benefits of immersive virtual patients / B. Lok, R. E. Ferdig, A. Rajj et al. *Virtual Reality*. 2006. Vol. 10. P. 185–195.

202. Dzhebrailova T.D., Korobeinikova E. N. Autonomic correlates of individual differences in human intellectual activity / T. D. Dzhebrailov, I. I. Korobeinikov, E. N. Dudnik et al. *Human Physiology*. 2013. Vol. 39, Issue 1. P. 78-85.

203. Tan S., Waugh R. Use of Virtual-Reality in Teaching and Learning Molecular Biology. *3D Immersive and Interactive Learning*. 2013. Vol. 12. P. 17–43.

204. Psotka J. Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instructional Science*. 2007. Vol. 23, Issue 5. P.405–431.

205. Kozhevnikov M., Gurlitt J., Kozhevnikov M. Learning Relative Motion Concepts in Immersive and Non-immersive Virtual Environments. *Journal of Science Education and Technology*. 2013. Vol. 22, Issue 6. P. 952–962.

206. Clarke J., Dede C., Dieterle E. Emerging Technologies for Collaborative, Mediated, Immersive Learning. *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education* / ed. J. Voogt, G. Knezek. Vol. 20. Boston : Springer, 2008. P. 901–909.

207. Besios A., Lambropoulos N. Immersive Creative Classrooms within the Zones of Educational Priorities in Greek Primary Schools. *Learning and Collaboration Technologies*. Vol. 8524. Cham : Springer, 2014. P. 258–268.

208. Remote Laboratory Experiments in a Virtual Immersive Learning Environment / L. Berruti, Fr. Davoli et al. *Advances in Multimedia*. 2008. Vol. 2008.

209. Ontological Design to Support Cognitive Plasticity for Creative Immersive Experience in Computer Aided Learning / N. Lambropoulos, I. Mporas, H. M. Fardoun, I. Katib. *Learning and Collaboration Technologies* / ed. P. Zaphiris, A. Ioannou. Vol. 9192. Cham : Springer, 2015. P. 261–270.

210. Kahani M., Beadle H. W. P. Immersive and Non-immersive Virtual Reality Techniques Applied to Telecommunication Network Management. *Integrated Network Management V*. Boston : Springer, 1997. P. 383-395.

211. Wortley D. The Future of Immersive Technologies and Serious Games. *Subconscious Learning via Games and Social Media* / ed. O. Sourina, D. Wortley, S. Kim. Singapore : Springer, 2015. P. 45-56.

212. Qi-fan Feng. Quantity-effect relationship of electroacupuncture for urge incontinence: A multicenter randomized controlled trial / Q. Feng, Y. Fu, C. Chen et al. *J. Acupunct. Tuina. Sci.* 2012. Vol. 10, Issue 1. P. 49-53.

213. Research on the Meridian Diagnostic System Based on the Measuring Principle of the Electrical Properties of Well, Source and Sea Acupoints / F. Chang, W. Hong, J. Jing et al. *Medical Biometrics* / ed. D. Zhang, M. Sonka. Vol. 6165. Springer, 2010. P. 276-285.

214. Lin Y. H., Chueh H. E. A Study on the Forecast of Meridian Energy and Biochemical Test by Using Bio-inspired NeuroMolecular Computing Model. In: (s) *Software Engineering and Computer Systems* / ed.: J. Mohamad Zain, W. M. Wan Mohd, E. El-Qawasmeh. Vol. 179. Springer, 2011. P 68-77.

215. Shang C. The Past, Present, and Future of Meridian System Research. *Clinical Acupuncture and Oriental Medicine*. 2000. Vol. 1, Issue 2. P. 115-124.

216. Meridian–Viscera Correlationship / Y. Zhou, K. Wang, L. Hu et al. *Current Research in Acupuncture*. Springer, New York, 2013. P. 559-599.

217. Brena S. F.. Acupuncture : Oriental Teaching and Western Findings. *Management of Patients with Chronic Pain* / ed. S. F. Brena, S. L. Chapman. Dordrecht : Springer, 1989. P. 173-184.

218. Pomeranz B. Scientific Basis of Acupuncture. *Basics of Acupuncture*. Berlin : Springer, 1995. P. 4-60.

219. Characteristics of Skin Impedance for Biological Active Points Using Dry Electrode Measurement System / S. Kim, I. Kwon, H. Kim, G. Lim. *13th International Conference on Electrical Bioimpedance and the 8th Conference on Electrical Impedance Tomography* / ed. H. Scharfetter, R. Merwa. Vol. 17. Berlin : Springer, 2007. P. 177-180.

220. Electrical properties of human skin: New data / V. G. Gusev, T.V. Mirina, T. P. Tyrnova et al. *Biophysics*. 2014. Vol. 59, Issue 1. P. 153-156.

221. Comprehensive bioelectrographic analysis of mechanisms of the alternative state of consciousness / P. V. Bundzen, V. V. Zagrantsev, K. G. Korotkov et al. *Hum. Physiol*. 2000. Vol. 26, Issue 5. P. 558-566.

222. Abstracts of Papers Presented at the 44th Annual Meeting of the Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback.//Applied Psychophysiology and Biofeedback.- 2013.- Volume 38, Issue 3.- p 213-238.

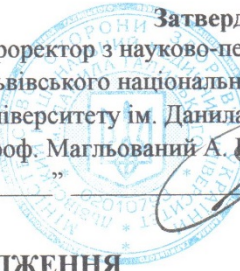
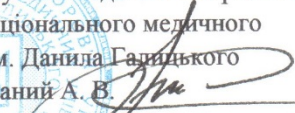
223. Dzhebrailova T. D., Sulejmanova R. G. Dynamics of Heart Rate Parameters in Students with Various Personal Anxiety Levels during Computerized Testing. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2012. Vol. 153, N 5. P. 627-630.

224. Agadzhanyan T. E. Batotsyrenova A. E. Comparison of specific features of the heart rate variability in students living in regions with different natural and climatic conditions. *Human Physiology*. 2007. Vol. 33, N 6. P. 715-719.

225. Effect of lecturing to 200 students on heart rate variability and alpha-amylase activity / E. Filaire, H. Portier, A. Massart et al. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2010. Vol. 108, Issue 5. P. 1035-1043.

226. Relations between psychometric profiles and cardiovascular autonomic regulation in physical education students / F. Nuissier, D. Chapelot, C. Vallet et al. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2007. Vol. 99, N 6. P. 615-22.

## АКТИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ


 Затверджую  
 Проректор з науково-педагогічної роботи  
 Львівського національного медичного  
 університету ім. Данила Галицького  
 проф. Магльований А. В.   
 “ \_\_\_\_\_ ” 2014 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Назва пропозиції для впровадження:**
  2. Інтегральна контролююча система (ІКС) «Система контролю функціонального стану людей, що працюють у ергатичному середовищі».
  3. **Заклад, що розробив, його поштова адреса, ПІБ авторів:**  
 Запорізький державний медичний університет, м. Запоріжжя, пр. Маяковського 26, 69035, Україна  
**Розроблювачі:** Рижов Олексій Анатолійович, Страхова Оксана Петрівна
  4. **Джерела інформації:**
    1. Рижов О. А. Визначення граничних рівнів задовільного психофізіологічного стану людини, яка знаходиться під впливом комп'ютерного навантаження/ Рижов О. А., Страхова О.П. // Клиническая информатика и телемедицина. – 2010. – № 1 - С. 133-138.
    2. Страхова О. П. Статистический анализ показателей функционального состояния человека в эргатической системе «человек–компьютер»/ Страхова О. П., Рыжов А. А.// Клиническая информатика и телемедицина. – 2014- Т10- Вып. 11. - С. 78-84.
  5. **Впроваджено:** Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького
  6. **Термін впровадження:** 2014
  7. **Загальна кількість спостережень:** 157
  8. **Ефективність впровадження у відповідності з критеріями в джерелі інформації:** За допомогою контролюючої системи визначається функціональний стан студентів-медиків та його відносна зміна в процесі навчання на основі електрошкіряних характеристик мікрозон
- Показники ефективності:** Вибір методів визначення функціонального стану людей, що працюють за комп'ютером
8. **Зауваження, пропозиції:** Істотних зауважень немає

**Відповідальний за впровадження:**

Завідувач кафедри медичної інформатики ФПДО



Доц. Бойко О.В.

Дата: \_\_\_\_\_

**Затверджую**  
 Проректор з науково-педагогічної роботи  
 Тернопільського державного медичного  
 університету ім. Г.Я.Горбачевського  
 професор Шулхай А. Г.  
 .. 2015 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. **Назва пропозицій для впровадження:** Інтегральна контролююча система (ІКС) «Система контролю функціонального стану людей, що працюють у ергатичному середовищі».
2. **Заклад, що розробив, його поштова адреса, ПІБ авторів:**  
 Запорізький державний медичний університет, м. Запоріжжя, пр. Маяковського 26, 69035, Україна  
**Розроблювачі:** Рижов Олександр Анатолійович, Страхова Оксана Петрівна
3. **Джерела інформації:**
  1. Рижов О. А. Визначення граничних рівнів задовільного психофізіологічного стану людини, яка знаходиться під впливом комп'ютерного навантаження/ Рижов О. А., Страхова О.П. // Клиническая информатика и телемедицина. – 2010. – № 1 - С. 133-138.
  2. Страхова О. П. Статистический анализ показателей функционального состояния человека в эргатической системе «человек–компьютер»/ Страхова О. П., Рижов А. А.// Клиническая информатика и телемедицина. – 2014- Т10- Вып. 11. - С. 78-84.
5. **Впроваджено:** Тернопільський державний медичний університет імені Г.Я.Горбачевського
6. **Термін впровадження:** 2014
7. **Загальна кількість спостережень:** 157
8. **Ефективність впровадження у відповідності з критеріями в джерелі інформації:** За допомогою контролюючої системи визначається функціональний стан студентів-медиків та його відносна зміна в процесі навчання на основі електрошкіряних характеристик мікрозон  
**Показники ефективності:** Вибір методів визначення функціонального стану людей, що працюють за комп'ютером
8. **Зуваження, пропозиції:** Істотних зауважень немає

**Відповідальний за впровадження:**

Завідувач кафедри медичної інформатики

Дата: \_\_\_\_\_

 проф. Марценюк В.П.



Затверджую

Проректор з науково-педагогічної роботи  
Львівського національного медичного  
університету ім. Данила Галицького  
проф. Магльований А. В.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2014 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. *Назва пропозиції для впровадження:*
  2. Інтегральна контролююча система (ІКС) «Система контролю функціонального стану людей, що працюють у ергатичному середовищі».
  3. *Заклад, що розробив, його поштова адреса, ПІБ авторів:*  
Запорізький державний медичний університет, м. Запоріжжя, пр. Маяковського 26, 69035, Україна  
*Розроблювачі:* Рижов Олександр Анатолійович, Страхова Оксана Петрівна
  4. *Джерела інформації:*
    1. Рижов О. А. Визначення граничних рівнів задовільного психофізіологічного стану людини, яка знаходиться під впливом комп'ютерного навантаження/ Рижов О. А., Страхова О.П. // Клиническая информатика и телемедицина. – 2010. – № 1 - С. 133-138.
    2. Страхова О. П. Статистический анализ показателей функционального состояния человека в эргатической системе «человек–компьютер»/ Страхова О. П., Рижов А. А.// Клиническая информатика и телемедицина. – 2014- Т10- Вып. 11. - С. 78-84.
  5. *Впроваджено:* Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького
  6. *Термін впровадження:* 2014
  7. *Загальна кількість спостережень:* 157
  8. *Ефективність впровадження у відповідності з критеріями в джерелі інформації:* За допомогою контролюючої системи визначається функціональний стан студентів-медиків та його відносна зміна в процесі навчання на основі електрошкіряних характеристик мікрозон
- Показники ефективності:** Вибір методів визначення функціонального стану людей, що працюють за комп'ютером
8. *Зауваження, пропозиції:* Істотних зауважень немає

*Відповідальний за впровадження:*

Завідувач кафедри медичної біології,  
паразитології та генетики

проф. Воробець З. Д.

Дата: \_\_\_\_\_

Затверджую  
 Проректор з наукової роботи  
 Національної медичної академії  
 післядипломної освіти ім. Шупика  
 професор Зозуля І. С.  
 “ \_\_\_\_\_ 2014 р.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. *Назва пропозиції для впровадження:*
2. Інтегральна контролююча система (ІКС) «Система контролю функціонального стану людей, що працюють у ергатичному середовищі».
3. *Заклад, що розробив, його поштова адреса, ПІБ авторів:*  
 Запорізький державний медичний університет, м. Запоріжжя, пр. Маяковського 26, 69035, Україна  
*Розроблювачі:* Рижов Олександр Анатолійович, Страхова Оксана Петрівна
4. *Джерела інформації:*
  1. Рижов О. А. Визначення граничних рівнів задовільного психофізіологічного стану людини, яка знаходиться під впливом комп'ютерного навантаження/ Рижов О. А., Страхова О.П. // Медицинская информатика и инженерия. – 2010. – № 1 - С. 133-138.
  2. Страхова О. П. Статистический анализ показателей функционального состояния человека в эргатической системе «человек–компьютер»/ Страхова О. П., Рижов А. А.// Клиническая информатика и телемедицина. – 2014- Т10- Вып. 11. - С. 78-84.
5. *Впроваджено:* Національна медична академія післядипломної освіти ім. Шупика
6. *Термін впровадження:* 2014
7. *Загальна кількість спостережень:* 157
8. *Ефективність впровадження у відповідності з критеріями в джерелі інформації:* За допомогою контролюючої системи визначається функціональний стан студентів-медиків та його відносна зміна в процесі навчання на основі електрошкіряних характеристик мікрозон.  
*Показники ефективності:* узгодженість з результатами поточної успішності досліджуваної та контрольної групи
9. *Зауваження, пропозиції:* Істотних зауважень немає

*Відповідальний за впровадження:*

Завідувач кафедри медичної інформатики  
 Національної медичної академії  
 післядипломної освіти ім. Шупика



проф. Мінцер О. П.

Дата: \_\_\_\_\_

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ТА ВІДОМОСТІ  
ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

*Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:*

1. Страхова О. П. Особенности методов исследования электрокожных характеристик. *Медицина и экология*. 2014. № 2. С. 14–19.
2. Страхова О. П. Ситуативная и личностная тревожность студента в эргатической компьютерной обучающей системе. *Медична інформатика та інженерія*. 2015. № 1. С. 33–38.
3. Strakhova O., Ryzhov A. About the stability of the changes in the points-sources. *Медицина и экология*. 2014. № 4. С. 12–17. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, переклад англійською, підготовку статті до друку).
4. Страхова О. П., Рыжов А. А. Статистический анализ показателей функционального состояния человека в эргатической системе «человек–компьютер». *Клиническая информатика и телемедицина*. 2014. Т. 10. Вып. 11. С. 61–65. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку).
5. Страхова О. П., Рыжов А. А. Метод оценки функционального состояния человека на основе явления стабильности средней величины проводимости в микроронах. *Медична інформатика та інженерія*. 2014. № 3. С. 62–68. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку).
6. Strakhova O., Ryzhov A. The phenomenon of stability of the average value of electrocutaneous conductivity in «points-sources of the meridians». *Scientific discussion*. 2017. Vol. 1. № 9. P. 3–9. (Здобувачем проведено аналіз джерел

літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку англійською).

7. Страхова О. П., Рижов О. А., Волох Н. Г., Черепок О. О. Кореляції між електрошкірними характеристиками мікрозон і параметрами клінічного і біохімічного аналізу крові. *Клінічна інформатика і телемедицина* 2017. Т. 12. Вип. 13. С. 119–123. (Здобувачем проведено аналіз джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку).

*Опубліковані праці апробаційного характеру:*

8. Страхова О. П., Рыжов А. А. Корреляционный анализ показателей функционального состояния участников эргатической обучающей системы *Запорожский медицинский журнал*. 2012. № 6. С. 128. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

9. Страхова О. П., Рыжов А. А. Взаимосвязь между показателями реовазографии и электрокожных характеристик микрозон на коже человека. *Інформаційні технології в неврології, психіатрії, епілептології і медичній статистиці: матеріали міжнар. конф.* Київ, 2013. С. 112. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

10. Страхова О. П., Рыжов А. А. Влияние работы в эргатической системе «человек – компьютер» на показатели реовазографии и электрокожных характеристик микрозон на коже человека. *Клиническая информатика и телемедицина*. 2014. Т. 10. Вып. 11. С. 181–182. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

11. Страхова О. П., Рыжов А. А. Оценка изменений функционального состояния человека в эргатической системе «человек-компьютер». *Current Issues of Distance Education and Telemedicine: International ukrainian scientific-methodical videoconference*. Запорожье, 2013. С. 17–18. (Здобувачем проведено збір і

*опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).*

12. Страхова О. П. Интегральный критерий оценки изменения функционального состояния человека. *Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2014*: матеріали Всеукр. наук.-практ. відеоконф. (16–17 жовт. 2014, Запоріжжя). Запоріжжя, 2014. С. 129–130.

13. Страхова О. П. Информативность метода визуализации данных при определении функционального состояния человека. *Медична інформатика та інженерія*. 2016. № 1. С. 110.

14. Страхова О. П., Рыжов А. А., Захарчук И. С. Информативность метода определения функционального состояния человека в эргатической компьютерной системе. *Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики*. – 2013. Дод. до № 3. С. 75–76. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

15. Strakhova O. Quantitative parameters of the student's functional status and its changes: electrocutaneous characteristics in microzones. *High Education – New Technologies and Innovation (HENTI)*, Kutaisi, Georgia, 2015. С. 35–36.

16. Страхова О. П., Рижов О. А. Система контролю функціонального стану людини в комп'ютерному середовищі. *Relevant issues of modern medicine: the experience of Poland and Ukraine*. Lublin, Republic of Poland October 20–21, 2017. P. 150–152. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, написання тез).

*Опубліковані праці, що додатково відображають наукові результати дослідження:*

17. Страхова О. П., Рижов О. А. Оцінка психофізіологічного стану студента методом визначення електрошкірних характеристик біологічно активних точок. *Медична інформатика та інженерія*. 2010. № 1. С. 33–38. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, формування баз даних результатів дослідження, аналіз і статистичну обробку матеріалу, підготовку статті до друку).

18. Strakhova O., Ryzhov A. Change evaluations in the human functional state in learning ergatic system. *International Scientific congress of Olympic sport and sport for all*. Beijing, China June 2-6, 2013. P.80–82. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистична обробка, написання тез).

19. Страхова О. П., Рыжов А. А. Явление стабильности средней величины электрокожной проводимости по постоянному току в акупунктурных «точках-источниках меридианов» на теле человека. А. с. № 56102 Украина, ГСАП; заявл. 19.06.2014 № 56504; опубл. 18.08.2014. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, опис змісту).

20. Страхова О. П., Рижов О. А. *Доповнення до способу виміру електрошкірних характеристик корпоральних мікрозон на тілі людини* (аналог метода Й. Накатані). Інформаційний лист № 238 від 28.10.2015. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, опис змісту).

21. Страхова О. П., Рижов О. А. *Доповнення до способу діагностування за даними вимірювання електрошкірних характеристик корпоральних мікрозон на тілі людини за методом Накатані*. Інформаційний лист № 237 від 28.10.2015. (Здобувачем проведено збір і опрацювання первинного матеріалу, статистичну обробку, опис змісту).

22. Страхова О. П. Вплив ергатичного середовища дистанційної освіти на функціональний стан студента. *Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2015*: матеріали II з'їзду з міжнар. участю «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» (12–13 лист. 2015, Київ). К., 2015. С. 169–170.

23. Страхова О. П., Рижов О. А. Інтернет як елемент оточуючого середовища сучасного студента. *Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини 2016*: матеріали Всеукр. наук.-метод. відеоконф. з міжнар. участю (13 жовт. 2016, Запоріжжя). Запоріжжя, 2016. С. 156–157. (Здобувачем проведено аналіз закордонних та вітчизняних джерел літератури, написання тез).

## ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

- всеукраїнська конференція з міжнародною участю «Актуальные вопросы медицины и фармации» (Запоріжжя, 2010) – стендова доповідь;
- всеукраїнський з'їзд «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» з міжнародною участю (Київ, 2010) – доповідь, стаття;
- міжнародна конференція «Совершенствование медицинского образования через инновации» (Караганда, 2013) – доповідь;
- науково-практична конференція з міжнародною участю «Інформаційні технології в неврології, психіатрії, епілептології і медичній статистиці» (Київ, 2013) – доповідь, публікація тез;
- International Scientific congress of Olympic sport and sport for all (Beijing, 2013) – стендова доповідь;
- всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Сучасні аспекти медицини і фармації» (Запоріжжя, 2010, 2011, 2015) – доповідь, стендова доповідь;
- всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених та студентів з міжнародною участю «Медицина та фармація ХХІ століття – крок у майбутнє» (Запоріжжя, 2012) – доповідь, стендова доповідь;
- міжнародна конференція «Информатизация здравоохранения в Украине: перспективы развития» (Київ, 2012) – участь;
- всеукраїнська науково-методична відеоконференція з міжнародною участю «Актуальні питання дистанційної освіти та телемедицини» (Запоріжжя, 2008, 2009, 2012, 2013, 2014) – доповідь, стендова доповідь;
- International Ukrainian scientific-methodical videoconference «Current Issues of Distance Educationan Telemedicine» (Запоріжжя, 2013) – стендова доповідь;
- всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених та студентів з міжнародною участю «Здобутки теоретичної медицини – в практику охорони здоров'я» (Запоріжжя, 2015) – доповідь;

- International Georgian scientific-methodical videoconference «High Education – New Technologies and Innovation» (Kutaisi, 2015) – доповідь, стендова доповідь;
- 7<sup>th</sup> European Immersive education 2016 annual international summit, (Padue, 2016) – стендова доповідь;
- International research and practice conference «Relevant Issues of Modern Medicine. The Experience of Poland and Ukraine» (Lublin, 2017) – стендова доповідь.





## ДОДАТКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО РОЗДІЛІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Додаток до розділу 3 Г 1

## АНКЕТА

## КОРИСТУВАЧА ІНТЕРНЕТ

Вік	Стать	Факультет	Курс

1. Чи є у вас вдома Інтернет?
  - Так
  - Ні
2. Скільки годин на добу ви перебиваєте в Інтернеті?
  - До 4 години
  - До 4 годин
  - До 12 годин
  - 24/7
3. Чи використовуєте ви Інтернет для підготовки домашнього завдання?
  - Так, постійно
  - Так, іноді
  - Ні, не використовую
4. Спілкуєтеся ви в мережі зі своїми колегами?
  - Так, постійно. Матеріал легше засвоюється під час обговорення.
  - Так, постійно. З підказками колег простіше розв'язувати задачі.
  - Так, іноколи. В складних ситуаціях або при відповідному настрої.
  - Ні, не спілкуюсь. Віддаю перевагу самостійній підготовці.
5. Як довго ви виконуєте домашнє завдання?
  - До 1 години
  - До 4 годин
  - До 8 годин
  - Не знаю
6. Які мережеві ресурси ви використовуєте для підготовки домашнього завдання?
  - Інтернет-бібліотека ЗДМУ, FTP-сервер ЗДМУ, сайти кафедр ЗДМУ
  - Бібліотека імені В.І. Вернадського

- Бібліотеки інших вузів
  - Google, Wikipedia, Yahoo, PubMed etc.
7. Якщо ви працюєте, чи пов'язана ваша робота з Інтернетом?

<input type="radio"/> Основна робота	<input type="radio"/> Часткова зайнятість	<input type="radio"/> Не маю
---	--	---------------------------------

8. Яку частину вашого часу дозвілля ви проводите в мережі?
- Весь час       До 4 годин       До 1 часу       Не буваю

9. Чи маєте ви аккаунти у соцмережах?

○ Так, у багатьох - Facebook, Google+, Instagfam, студентські мережі на сайтах університетів,. Я люблю спілкування на форумах, відчуваю там себе і людиною розумною, дотепною та веселою.

- Так, в одній (Якій? Напишіть самостійно)
- Ні, перебуваю лише за професійною необхідністю.
- Ні, не зареєстрований.

10. Скільки часу ви витрачаєте на спілкування у соцмережах?

<input type="radio"/> До 1 години	<input type="radio"/> До 4 годин	<input type="radio"/> До 8 годин	<input type="radio"/> Нічого
--------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------

11. Скільки часу ви витрачаєте на участь у мережевих іграх?

<input type="radio"/> Все дозвілля	<input type="radio"/> До 4 годин	<input type="radio"/> Не граю в мережеві ігри
---------------------------------------	-------------------------------------	--

12. В який саме час доби ви переважно працюєте у мережі?

3 До

ДЯКУЄМО ЗА ВІДПОВІДІ!

Підпис учасника \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

**Статистичні характеристики даних ЕШХ МЗ осіб  
у позаергатичному навчальному класі (n=74)**

Характеристики	До заняття	Після заняття
$S_{x\pm m}$	38,12±2,5	35,41±2,5
Медіана	39,38	33,75
Асиметрія	0,53	-0,18
Ексцес	0,35	-0,56
Дисперсія	113,6	113,43
p	0,01	0,01

Таблиця Г 2.2

**Показники ВСР осіб, які працювали в ЕНС (n=157)**

Показник	Одиниця виміру	Значення до заняття	Значення після заняття	Критерій Вілкоксона
		$S_{x1\pm m}$	$S_{x2\pm m}$	
АМо	%	35,37±3,25	32,93±2,89	0,037
ІН(SI)	б/р	109,12±20,70	95,05±16,62	0,930
К-во ЕК	шт	2,26±0,65	2,66±1,03	0,930
W	мс	152,42±22,98	171,78±29,01	0,912
ІВР	б/р	151,44±24,64	134,93±19,34	0,049
ВПР	б/р	5,67±0,61	5,29±0,55	0,035

**Гендерні відмінності показників ВСР у осіб  
при роботі в ергатичному навчальному середовищі (n=157)**

		SDNN	RMSS D	pNN50	TP	VLF	LF	HF
		мс	мс	%	мс <sup>2</sup>	мс <sup>2</sup>	мс <sup>2</sup>	мс <sup>2</sup>
Чол. стать	до заняття	62,14	39,45	18,73	4416,36	1538,73	1775,9	979,86
	після заняття	68,36	49,59	25,05	5383,95	2078,59	1823,00	1328,73
Критерій Вілкоксона		0,007	0,002	0,001	0,002	0,024	0,051	0,004
Жін. стать	до заняття	67,82	45,27	23,09	5561,18	2486,77	1687,6	1336,36
	після заняття	70,45	49,10	24,60	5894,95	2196,80	2246,75	1303,20
Критерій Вілкоксона		0,061	0,047	0,053	0,050	0,050	0,043	0,097

**Реографічні показники учасників дослідження жіночої статі  
при роботі в ергатичній системі (n=157)**

Показник	Од.виміру	До заняття $Sx1 \pm m$	Після заняття $Sx2 \pm m$	p
1	2	3	4	5
Справа				
Час шв. К/Н	с	74,14±0,87	78,43±1,76	<0,05
Час повільн. К/Н	с	138,57±7,62	127,29±5,26	*
Ампл. сист. хв.	Ом	150,29±9,06	141,43±9,25	*
Фаза пул. хв.	град.	96,43±6,73	107,00±6,86	<0,05
К. периф. опору м.	б/розм.	96,43±6,73	107,00±6,86	<0,05
Кровонаповн. м.	б/розм.	90,86±6,06	81,43±5,25	<0,05
Тонус кр. арт. м.	б/розм.	145,29±8,14	135,57±11,05	<0,05
Тонус с&м арт. м.	б/розм.	66,57±6,93	79,29±6,83	<0,05
Асим. кр-нап. м.	%	83,14±16,77	432,43±251,28	<0,05
М/А показ. ДВ	%	107,14±18,96	141,71±14,40	<0,05
М/А показ. инц.	%	64,43±23,59	83,71±17,89	<0,05
Баз. імпеданс	Ом	119,07±4,28	115,34±3,95	*

Продовж. табл. Г 2.4

1	2	3	4	5
Зліва				
Час шв. К/Н	с	80,86±3,71	92,29±7,35	<0,05
Час повільн. К/Н	с	106,86±6,53	115,71±7,36	*
Ампл. сист. хв.	Ом	139,00±15,72	113,71±7,20	*
Фаза пул. хв.	град.	98,14±7,60	125,14±19,17	<0,05
К. периф. опору м.	б/розм.	98,14±7,60	125,14±19,17	<0,05
Кровонаповн. м.	б/розм.	81,43±6,45	69,14±6,76	<0,05
Тонус кр. арт. м.	б/розм.	147,29±11,41	130,86±15,16	<0,05
Тонус с&м арт. м.	б/розм.	100,57±5,55	83,00±7,10	<0,05
Асим. кр-нап. м.	%	83,14±16,77	432,43±251,28	<0,05
М/А показ. ДВ	%	99,29±16,61	128,43±18,30	<0,05
М/А показ. инц.	%	89,14±24,30	78,71±37,32	<0,05
Баз. імпеданс	Ом	117,02±6,10	114,63±5,24	*

Примітка: \*p&gt; 0,05

Таблиця Г 2.5

**Реографічні показники учасників дослідження чоловічої статі,  
які працюють в ергатичній системі (n=157)**

Показник	Од.виміру	До заняття Sx1± m	Після заняття Sx2± m	p
1	2	3	4	5
Справа				
Час шв. К/Н	с	82,83±2,53	82,83±3,66	*
Час повільн. К/Н	с	134,42±9,24	133,75±7,48	*
Ампл. сист. хв.	Ом	128,75±12,50	137,42±11,36	<0,05
Фаза пул.хв.	град.	117,33±9,75	108,83±9,96	*
К. периф. опору м.	б/розм.	117,33±9,75	108,83±9,96	*
Кровонаповн. м.	б/розм.	99,58±11,50	103,83±11,79	<0,05
Тонус кр. арт. м.	б/розм.	121,75±14,92	120,42±16,24	*
Тонус с&м арт. м.	б/розм.	65,42±6,34	74,25±4,02	<0,05
Асим. кр-нап. м.	%	228,42±66,59	161,75±41,03	<0,05
М/А показ. ДВ	%	166,92±26,12	155,25±17,60	<0,05
М/А показ. інц.	%	86,83±30,18	104,00±25,32	<0,05
Баз. імпеданс	Ом	105,61±3,40	104,04±3,81	*



Продовж. табл. Г 2.5

1	2	3	4	5
Зліва				
Час шв. К/Н	с	132,83±34,05	83,92±5,63	<0,05
Час повільн. К/Н	с	132,92±6,81	131,00±10,21	*
Ампл. сист. хв.	Ом	121,83±17,41	138,50±15,87	<0,05
Фаза пул. хв.	град.	136,92±25,53	92,83±13,58	<0,05
К. периф. опору м.	б/розм.	136,92±25,53	92,83±13,58	<0,05
Кровонаповн. м.	б/розм.	100,33±8,68	123,25±15,62	<0,05
Тонус кр. арт. м.	б/розм.	128,58±14,18	154,75±25,23	<0,05
Тонус с&м арт. м.	б/розм.	62,50±17,71	86,00±7,12	<0,05
Асим. кр-нап. м.	%	228,42±66,59	161,75±41,03	<0,05
М/А показ. ДВ	%	180,42±32,83	89,42±41,19	<0,05
М/А показ. инц.	%	50,75±40,57	44,67±53,40	<0,05
Баз. імпеданс	Ом	105,69±3,78	106,28±5,42	*

Примітка: \*p&gt; 0,05

## Фрагмент процедур програмного комплексу оброблення сигналів електрошкірних характеристик, написаний на мові Turbo-Pascal

### 1. Процедура ініціалізації адреси каналу АЦП:

```

Procedure Init_Adr;
{выбір поточного каналу}
begin
  port [adr_port]:=adres; {надсилаємо адресу}
end;

```

### 2. Процедура надсилання АЦП стробуючого сигналу:

```

Procedure Init_ACP;
{запуск АЦП}
var i:byte;
begin
  port [drv_port]:=8; {1000b}
  for i:=1 to 9 do; {встановлюється тривалість імпульсу __|~~~|__ }
  port [drv_port]:=0; {0000b}
  for i:=1 to 9 do;
end;

```

### 3. Функція, що перевіряє готовність АЦП (оцифрованих даних) и повертаюча true, якщо АЦП готовий або false – якщо навпаки:

```

Function Ready:boolean;
{ перевірка готовності }
var t:longint; d:byte;
begin
  t:=time_meter+round (1*18.2); {встановлюємо час скінчення очікування}
  {чекаємо, коли біт 3 в порті drv_port стане =0 (АЦП готов) або
  Коли вийде час очікування}
  while (port [drv_port] and $8>0) and (t>=time_meter) do;
  if port [drv_port] and $8>0 then
  begin
    {Якщо АЦП не готовий, виконуємо обробку цього випадку}
    Restore_Normal_Int_08;
    textmode (lastmode);
    Put_Msg ('Ошибка','Устройство не готово. Нажмите ESC. ');
    repeat until keypressed;
    Erase_Msg;
    ch:=Esc;
    Ready:=false;
  end
end

```

```

    else Ready:=true; {якщо все нормально}
end;

```

#### 4. Функція, що повертає байт оцифрованої інформації:

```

Function Read_Byte:byte;
{читання байта даних}
Var
    d:byte;
    i:byte;
begin
    Init_ACP; {запускаємо АЦП}
    if Ready {очікуємо готовність АЦП} then
        begin
            {якщо АЦП готовий, то}
            d:=port [dat_port]; {отримуємо байт}
            {встановлюємо вісь}
            if d>=null_v then d:=d-null_v else d:=0;
        end;
    Read_Byte:=d {повертаємо значення}
end;

```

#### 5. Процедура зчитування даних і поміщення їх в буфер:

```

Procedure Int08 (flags,cs,ip,ax,bx,cx,dx,si,di,ds,es,bp:word);
{ процедура INT 08 для періодичного зчитування даних з АЦП }
Interrupt;
begin
    cli;
    {корекція лічильника часу}
    if tmr_num>=cor_num then
        begin
            inc (time_meter);
            tmr_num:=1;
        end
    else inc (tmr_num);
    if buf_i>num_data then buffer_full:=true {буфер заповнений}
    else
        begin
            buf [buf_i]:=Read_Byte; {зчитуємо дані і поміщуємо їх в буфер}
            inc (buf_i); {нарощуємо кількість прочитаних байт на 1}
        end;
    { цей рядок необхідний для того щоб дозволити обробку переривань з більш
    низькими рівнями, наприклад, від клавіатури}
    port [$20]:=$20;
    sti;
end.

```