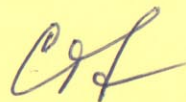


МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕДИЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
ІМЕНІ П. Л. ШУПИКА

СТРАХОВА ОКСАНА ПЕТРІВНА



УДК 612.778:612.014.42]-057.87:004

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

14.03.11 – Біологічна та медична інформатика і кібернетика

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Запорізькому державному медичному університеті, Міністерство охорони здоров'я України.

Науковий керівник:

доктор фармацевтичних наук, професор **Рижов Олексій Анатолійович**, Запорізький державний медичний університет, МОЗ України, завідувач кафедри медичної та фармацевтичної інформатики і новітніх технологій.

Офіційні опоненти:

доктор біологічних наук, професор **Вакуленко Дмитро Вікторович**, ДВНЗ «Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України», МОЗ України, завідувач кафедри медичної інформатики;


доктор біологічних наук, професор **Лях Юрій Єремійович**, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Міністерство освіти і науки України, завідувач кафедри здоров'я людини та фізичної реабілітації.

Захист відбудеться «18» червня 2019 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.613.10 в Національній медичній академії післядипломної освіти імені П. Л. Шупика, МОЗ України, за адресою: вул. Дорогожицька, 9, м. Київ.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національної медичної академії післядипломної освіти імені П. Л. Шупика, МОЗ України, за адресою: вул. Дорогожицька, 9, м. Київ, 04112.

Автореферат розісланий «17» травня 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



С. І. Мохначов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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 узагальненні 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 і біологічної фізики та інформатики Національного медичного університету імені О. О. Богомольця; 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 «Інформатизация 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 Education and 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 Issues 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 додатки. Дисертаційна робота викладена на 211 сторінках (основний текст подано на 155 сторінках), містить 11 рисунків, 17 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання дисертаційної роботи, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, наведено наукову новизну, практичне значення одержаних результатів та особистий внесок здобувача. Також наведено відомості про апробацію отриманих результатів роботи, публікації та структуру дисертаційної роботи.

У **першому розділі** проаналізовано особливості організації навчання з використанням комп'ютерних технологій. Показано, що для реалізації цілей формують ергатичну навчальну систему, що є комп'ютерною автоматизованою системою, котра призначена для оптимізації процесу навчання з використанням засобів інформаційних і комунікаційних технологій, а також автоматизації процесів зворотного зв'язку й управління на її основі пізнавальною діяльністю учня. Навчальну діяльність студента в межах ергатичної комп'ютерної навчальної системи (ЕНС) можна розглядати як занурення в діалоговий досвід, створений цим штучним середовищем. Високий рівень імерсивності призводить до тривалого збереження людиною, яка навчається статичної пози, великого рівня зосередженості, що спричиняє гіподинамію; монотонію та наприкінці напружену роботу певних функціональних систем (ФС) організму людини.

Результати аналізу особливостей роботи людини за комп'ютером свідчать, що користувачів комп'ютерних пристроїв за ознаками умов їх праці можна вважати операторами комп'ютерних приладів, отже, для визначення поточного функціонального стану осіб, які працюють за комп'ютером, придатні відповідні методи контролю стану операторів промислових комп'ютеризованих систем. Однак сучасні прийняті методи дослідження функціонального стану(ФСт) людини не надають змоги проводити моніторинг стану ФС у реальному часі в студентів у процесі їх навчальної діяльності.

У **другому розділі** описано дизайн та умови проведення дослідження, порядок відбору його учасників, склад контрольної й експериментальної груп.

Для проведення дослідження створено репрезентативну вибірку студентів-волонтерів різних курсів і факультетів ЗДМУ. В дослідженні взяли участь

157 студентів у віці $18,6 \pm 0,3$ року, з них 71 юнак та 86 дівчат. Особи, які брали участь у дослідженні, своєчасно пройшли належне для студентів періодичне профілактичне медичне обстеження, за результатами якого відповідною експертною лікарською комісією визнані практично здоровими.

Як модель ЕНС обрано навчальний процес у комп'ютерних класах.

Відповідно до завдань дослідження передбачало два етапи. На першому етапі за допомогою методів варіабельності серцевого ритму (ВСР) й електрошкірних характеристик мікрозон (ЕШХ МЗ) встановлено факт відносних змін параметрів ФСт, що настають унаслідок роботи в контрольній (звичайний клас) і досліджуваній (комп'ютерний клас) групах студентів, та їх відмінність. На другому етапі – за допомогою методів ВСР, РВГ, ЕШХ МЗ і оцінювання тривожності студентів встановлено кількісні характеристики цих змін, уточнено характер впливу роботи в ЕНС на стан студентів.

На основі відкритого «явища стабільності середньої величини електрошкірної провідності в контрольних точках на тілі людини» розроблено новий алгоритм і метод обробки параметрів електрошкірних характеристик мікрозон. Параметри ЕШХ МЗ визначаються у відсотках до максимуму показань каліброваної шкали вимірювального приладу. Це робить результати вимірів ЕШХ МЗ кожної особи придатними для порівняння з іншими і надає можливість для індивідуального налаштування приладу контролю ФСт людини за ЕШХ.

У **третьому розділі** представлено запропонований критерій змін поточного функціонального стану людини, яка працює в ЕНС.

Функціональний стан людини – це узагальнена характеристика з погляду ефективності виконуваної діяльності й задіяних у її реалізації систем за критеріями надійності та внутрішньої ціни діяльності.

У теорії функціональних систем існує поняття "системокванту", під яким розуміють дискретні відрізки системної діяльності різних функціональних систем організму від виникнення потреби до її задоволення. Параметри ФСт, що змінюються під впливом роботи у ЕНС, дають можливість зрозуміти, які саме ФС організму є найбільш навантаженими під час роботи з комп'ютером, отже, які саме системи потерпають від впливу системокванту поведінкової, психічної діяльності, та інформаційного системокванту. Тригерні механізми виступають в якості провідної властивості будь-якого системокванту життєдіяльності. У навчальній діяльності студента системоквант дії може розглядатися як виконання нею певного завдання.

Відомі припустимі межі параметрів ВСР та РВГ для певних вікових та гендерних категорій обстежених, але їх важко використовувати у повсякденній практиці, коли потрібна інформація про поточний ФСт людини в ЕНС. Метод контролю параметрів ЕШХ МЗ є таким, що надає достатньо інформації про зміни ФС людини і є легким у виконанні.

За використання наведених методів виміру та опрацювання параметрів ЕШХ, середні значення, обраховані для масиву вимірів кожної обстеженої МЗ, зберігають стабільність, отже це надає можливість встановити межі припустимого розкиду параметрів ЕШХ МЗ, порівнюючи їх з класичними результатами отриманими методами ВСР і РВГ. Це обумовило необхідність створення двох моделей

моніторингу змін ФС осіб при роботі з комп'ютером, заснованих на параметрах ВСР і РВГ, та на вимірах ЕШХ МЗ. На основі перевірки статистичної відповідності між параметрами обох моделей можливо визначити достовірність методу контролю ЕШХ МЗ як такого що придатний для моніторингу поточного ФСт осіб при роботі в системі «людина-комп'ютер». Алгоритм визначення припустимих рівнів параметрів ФС особи на основі ВРГ, ВСР та ЕШХ МЗ складається з декількох етапів, що відповідають прийнятому ходу проведення дослідження в даній роботі.

Розгляд контрольованих параметрів ФСт особи і їх взаємозв'язків надає змогу визначити вплив роботи людини в ЕНС на стан основних ланок адаптивних систем організму; зрештою, встановити кількісні показники впливу роботи людини в ЕНС на її ФСт і обґрунтовано визначити параметри ФСт людини, враховуючи ефективність виконуваної роботи та збереження стану здоров'я.

Процес роботи людини в ЕНС можна охарактеризувати як керівний вплив на певні керовані величини людської ланки. Для ефективного функціонування ЕНС ці величини повинні перебувати в деяких межах, оскільки вони визначають обмеження впливу роботи в ЕНС на ФСт особи, який не завдасть шкоди її поточному ФСт. Створення моделі системи контролю ФСт особи в ЕНС включає три частини:

- 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, враховуючи ефективність роботи ЕНС.

Усі люди різні, отже, потрібно уявити деяку абстрактну особу як частину ЕНС, для якої характерний набір параметрів ФСт, який можна визначити за допомогою перелічених діагностичних методів.

Нехай P_{ij} – деяка абстрактна особа, яка навчається в ЕНС, тоді модель P_{ij} являє собою множину інтервалів, до яких потрапляють значення ознак попереднього та завершального станів абстрактної особи при вимірюваннях. Модель ФС абстрактної особи під час роботи в ЕНС являє собою набір послідовних некерованих впливів усіх інших об'єктів ЕНС на ФСт абстрактної особи, що призводить до зміни попередніх параметрів її ФСт. При цьому

$$P_i = \{p_{i_1}, p_{i_2}, \dots, p_{i_n}\} \quad (1)$$

– множина ознак, що описують ФСт абстрактної особи; кожна ознака визначається лімітами змін як

$$p_{i_n} \in [a_{i_n}, b_{i_n}], \quad (2)$$

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

Алгоритм визначення припустимих рівнів параметрів ФС особи на основі ВРГ, ВСР та ЕШХ МЗ передбачає декілька етапів, що відповідають прийнятому ходу проведення дослідження, складові наведено на рис. 1.

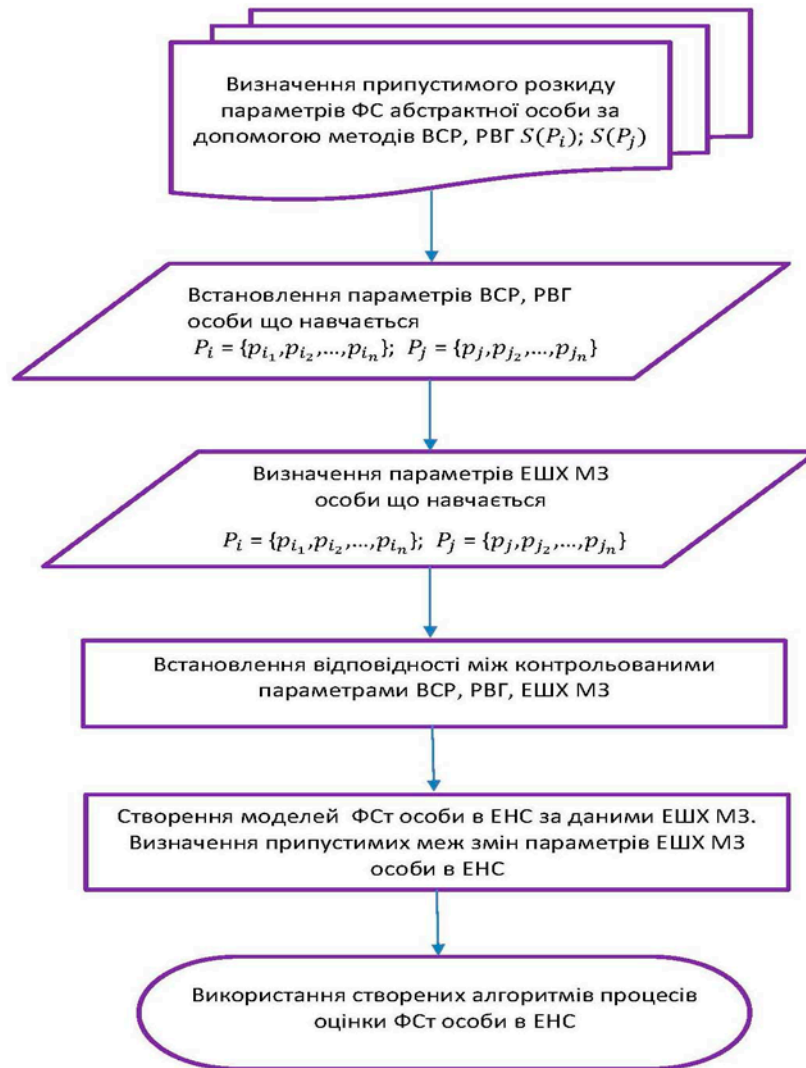


Рис. 1. Алгоритм визначення ФСт особи, яка працює в ЕНС, на основі узагальненого критерію зміни функціонального стану осіб

Як видно з рис.1., на вхід ЕНС абстрактна особа потрапляє в стані, що характеризується набором ознак $S(P_i)$, з якими вона починає роботу в ЕНС. Ситуацією виходу з робочого режиму ЕНС є стан, коли значення $S(P_j)$ абстрактної особи в процесі її роботи в ЕНС виходять за межі припустимих інтервалів $[a_{j_n}, b_{j_n}]$. Таким чином визначається перевантаження певних систем організму людини, стан яких може відбиватися й бути контрольованим через обрані для цього фізіологічні параметри.

Відомі припустимі межі параметрів ВСР та РВГ для певних вікових та гендерних категорій обстежених, але їх важко використовувати в повсякденній практиці, коли потрібна інформація про поточний ФСт людини в ЕНС. Метод контролю параметрів ЕШХ МЗ є таким, що надає достатньо інформації про зміни ФСт людини і є легким у виконанні.

Зміни, що відбуваються в організмі особи в системі «особа-комп'ютер», є сумарними проявами ФС організму особи, що зумовлені в цьому випадку впливами ЕНС $\overline{I(EES)}$, її навколишнього середовища $\overline{J(EES)}$ і зусиллями особи, спрямованими

на досягнення мети діяльності системи, або системокванту, $\overline{A(EES)}$, як прояву системних відносин між елементами цієї системи:

$$\overline{F_s(n)} = (\overline{I(EES)}, \overline{J(EES)}, \overline{A(EES)}). \quad (3)$$

Кожний з елементів цього рівняння є результуючим вектором, який, у 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.

При зміні однієї з характеристик вектора змінюється підсумковий вплив на систему. Отже, вектор $\overline{F_s(n)}$ з рівняння (3) являє собою динамічну величину – узагальнений критерій поточного ФСт особи під час роботи з комп'ютером.

З обчислення довірчих інтервалів МЗ у відсотковому вираженні можна розрахувати загальний рівень відхилення параметрів ЕШХ МЗ при роботі людини в ЕНС:

$$D_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n |D_i| \quad (4)$$

де D_i – довірчий інтервал i -ї МЗ; n – кількість контрольованих МЗ.

Формула (4) надає змогу розрахувати узагальнений критерій припустимих змін параметрів ФСт особи за допомогою параметрів ЕШХ МЗ.

Отже, встановлено статистично обґрунтовані припустимі межі розкиду значень ЕШХ МЗ, що визначають межі задовільного ФСт особи в ЕНС. Тло, на якому відбувається робота людини, – її емоційний, психологічний стан, що включає в себе особистісну та ситуаційну тривожність. Рівні тривожності особи впливають на її функціональний стан, отже, їх також необхідно враховувати при розгляді змін ФСт.

У дисертаційній роботі представлено застосування моніторингу електрошкірних характеристик мікрозон з огляду на механізми шкірно-вісцеральних зв'язків. Обґрунтовано модель системи автоматизованого контролю зміни функціонального стану людини в ергатичній системі з використанням параметрів електрошкірних характеристик.

У **четвертому розділі** подано аналіз результатів експериментального дослідження. Умови проведення першого етапу дослідження за участю одних і тих самих осіб як контрольної й досліджуваної груп надали змогу встановити, що виконання особами роботи у вигляді навчальної діяльності становить певне навантаження на ФСт осіб, що відбивається в параметрах такого чутливого до змін ФСт методу, як реєстрація ВСР учасників дослідження. Воно виявляється як невелике превалювання активності парасимпатичного відділу ВНС.

Відповідно до складу першої моделі контролю ФСт осіб у ЕНС, запис ВСР проводили до початку роботи в звичайному класі та в ЕНС, а також після її закінчення для 157 осіб (табл. 1).

Показники ВСР, виміряні у студентів звичайному класі й у ЕНС

Показник	До заняття	Після заняття	р	До заняття	Після заняття	р
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$		$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$	
Звичайний клас			ЕНС			
SDNN, мс	66,1±2,7	68,8±3,4	0,07	63,5 ±2,3	68,3 ±3,1	0,05
RMSSD, мс	45,1±2,9	48,51±3,9	0,05	41,9 ±2,3	49,02 ±3,5	0,01
pNN50 %	22,1±1,9	25,1±1,5	0,04	20,4 ±1,30	24,37 ±1,1	0,01
TP, мс ²	4466,9±98,1	4883,6±90,7	0,02	4736,6 ±91,3	5474,5 ±86,5	0,01
VLF, мс ²	2008,2±96,2	2186,5±92,1	0,06	1774,9 ±90,1	2024,2 ±75,5	0,04
LF, мс ²	1929±82,8	1687,7±97,4	0,04	1732,4 ±83,6	2027,9 ±66,3	0,04
HF, мс ²	1029,8±97,3	1009,4±93,7	0,07	1155,2 ±80,8	1300,7 ±71,7	0,05

Для проведення другого етапу дослідження створено дві моделі визначення ФСт осіб у ЕНС: на основі ВСР і РВГ, та на основі ЕШХ. Вимірювання параметрів роботи ССС студентів виконували в контрольній і експериментальній групах. Відповідно до складу першої моделі контролю ФСт осіб у ЕНС, запис ВСР проводили до початку роботи в звичайному класі та в ЕНС і після її закінчення (табл. 1).

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 pNN 50 % визначаються впливом парасимпатичного відділу ВНС і є відображенням синусової аритмії, пов'язаної з диханням.

Як видно з табл. 1, 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.

Створення другої моделі визначення поточних змін ФСт осіб здійснено на основі контролю ЕШХ МЗ. При опрацюванні даних ЕШХ МЗ застосовано розроблений автором метод, який базується на обробці статистично однорідних даних, тобто таких, що належать до кожної контрольованої мікрозони окремо. Обрані методи визначення змін функціонального стану виявили відповідність з параметрами та змінами параметрів ЕШХ, що підтверджено статистично.

Показники результатів вимірювання електрошкірних характеристик мікрозон у групі що працювала у ЕНС

МЗ, % до max	До заняття	Після заняття	р
	$S_{x1} \pm m$	$S_{x2} \pm m$	
P	34,0±1,5	31,8±1,1	0,05
C	26,6±2,1	24,8±1,9	0,02
IG	24,6±1,8	22,8±1,2	0,02
TR	12,7±0,8	9,1±0,6	0,00
GI	14,8±0,7	12,1±0,5	0,01
RP	59,9±4,3	56,6±2,8	0,02
R	38,6±1,9	31±1,3	0,01
V	56,1±4,5	50,3±2,5	0,03
VB	22,0±1,8	18,6±1,4	0,03

Як видно з табл. 2, найбільше в досліджуваній групі змінилися середні значення таких МЗ: P, C, IG, TR, GI, RP, V, VB; максимальні зміни – 30,8 % від початкового рівня; у контрольній групі – середні значення таких МЗ: P, IG, TR, GI, V, VB; максимальні зміни – 7,0 % від початкового рівня.

Проведений аналіз отриманих за використання обох моделей даних свідчить про наявність кореляції між їх параметрами. Коефіцієнт конкордації Кендала між підсумковими показниками ВСР і ЕШХ МЗ становить $W = 0,75 \div 0,87$ при ранговому коефіцієнті кореляції $r = 0,74 \div 0,87$; $p < 0,01$. Коефіцієнти кореляції Спірмена між ЕШХ МЗ та статистичними характеристиками ВСР дорівнюють $|0,58 \div 0,65|$, між ЕШХ МЗ і частотними характеристиками ВСР – $|0,55 \div 0,72|$.

Для перевірки залежності між показниками особистісної та ситуативної тривожності учасників дослідження з їх ЕШХ МЗ проведено кореляційний аналіз непараметричними методами із застосуванням коефіцієнта кореляції гамма між відносними різницями ЕШХ МЗ та рівнями тривожності. Його величина коливається в межах $|0,53 \div 0,9|$, $p < 0,05$, що свідчить про виражену залежність.

Відповідно до рівняння (3), що відображає принцип суперпозиції впливів компонентів ЕНС на ФС особи, за якого результуючий ефект еквівалентний сумі ефектів, що зумовлені окремо кожним з них, результуючий вплив на ФС привів до узгоджених змін в організмі особи.

Наприкінці заняття в ергатичній комп'ютерній системі, за даними ВСР, в учасників дослідження виявилися ознаки порушення узгодженості функціонування систем центральної й автономної регуляції ВНС. На відміну від цього, робота в навчальному класі без комп'ютерної техніки привела до активізації парасимпатичного відділу ВНС.

Верифікацію запропонованого методу контролю ФСт проведено на основі порівняння двох застосованих у дослідженні моделей контролю ФСт. За допомогою ППП Statistica проведено кластеризацію масиву даних про ФСт осіб методом «к найближчих середніх» за двома групами ознак масиву даних. Першою групою ознак було обрано набір параметрів ФСт ВСР; другою – параметри ЕШХ МЗ.

Програмно створено по 4 кластери для кожної моделі, відповідно до теорії стресу. Це надало змогу встановити кількісні параметри функціонування механізмів пристосування до умов оточуючого середовища, відомих як «реакція тренування», «реакції слабкої активації», «реакції помірної активації» у відповідь на подразники середньої сили, і «стресову реакцію» у відповідь на надмірне напруження ФС організму, здійсненого для досягнення позитивного результату діяльності. Елементний склад кластерів, отриманих на базі обох моделей, має статистично незначні розбіжності.

Проведено узагальнення даних для кожного кластера. Для першого кластера характерне зниження значення індексу напруження регуляторних систем, I_n , 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 I_n , загальне зниження параметрів ВСР і ЕШХ. За значенням I_n 51 – на початку заняття, 37 – наприкінці, можна зробити висновок, що до цього кластера потрапили переважно особи з ваготонією. Третій кластер характеризує відносно зростання I_n : зі 102 до 106; значне зниження параметрів ВСР і ЕШХ. Четвертий кластер демонструє помітне зростання кінцевих параметрів ЕШХ по відношенню до початкових, найбільше зростання різниці значення I_n – від 100 до 116 – і відносно зростання параметрів ВСР. Можна вважати, що кластеризації за параметрами ВСР та ЕШХ дали порівнянні результати й у подальшому доцільно розглядати зміни параметрів ЕШХ МЗ як такі, що відбивають зміни ФСт осіб такою самою мірою, як і ВСР.

На основі кластеризації отриманих параметрів ФСт осіб, що виконували роботу у ЕНС, за показниками обраних методів контролю ФСт особи в ЕНС, які є складовими обох моделей системи контролю ФСт особи, встановлено, що показники різних параметрів ФСт синхронізуються між собою в результаті виконання роботи в ЕНС, що дає основу припустити, що це відбувається під впливом інформаційного системокванту, і системокванту поведінкової діяльності, при створенні ФС, налаштованих саме на виконання завдань, що їх містить в собі інформаційний системоквант. Зв'язок між показниками ФСт особи під впливом навантаження в ЕНС зростає.

Результати дослідження кількісно підтверджують положення теорії функціональних систем щодо тригерних механізмів функціонування будь-якого системокванту життєдіяльності.

У **п'ятому розділі** представлено розроблену за результатами проведеного дослідження модель автоматизованої системи контролю функціонального стану осіб, які працюють в ергатичному середовищі, що реалізовано у вигляді пристрою. Алгоритм роботи якого подано на рис. 2.

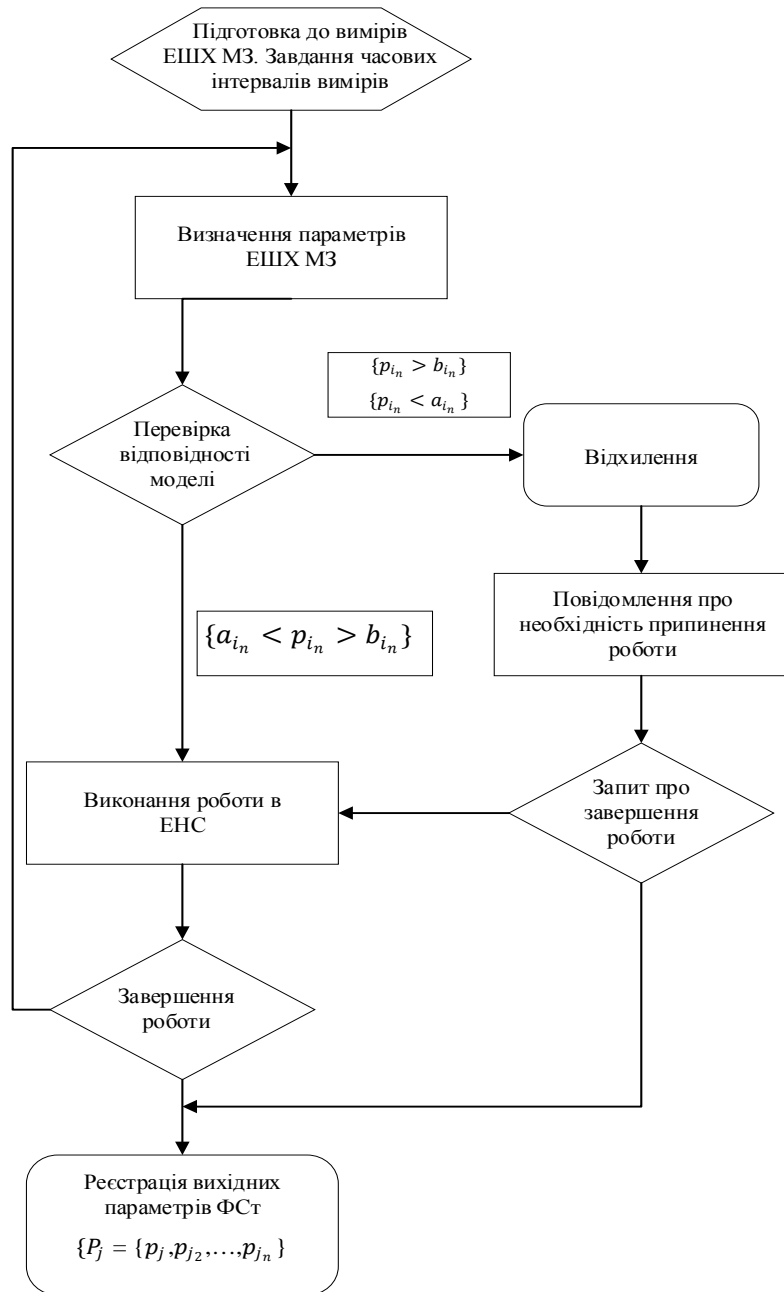


Рис. 2. Алгоритм роботи пристрою системи автоматизованого контролю ФСт особи в ЕНС

На основі моделі системи автоматизованого контролю ФСт особи розроблено систему контролю функціонального стану людини в ергатичному комп'ютерному (рис. 3). Призначення автоматизованої системи – визначати поточний ФСт особи як задовільний; припороговий; запороговий. Залежно від результатів вимірювань особа приймає рішення про припинення роботи з метою відновлення ФСт, що впливатиме на ефективність діяльності ЕНС, або продовжує процес роботи.

Система складається з автоматичного програмованого блоку вимірювань ЕШХ МЗ; блоку передачі вимірів на комп'ютер чи гаджет із застосуванням бездротових технологій (Bluetooth); блоку накопичення отриманих даних; блоку обробки даних; блоку інформування про результати вимірів; блоку попередження особи про її пороговий поточний ФСт.

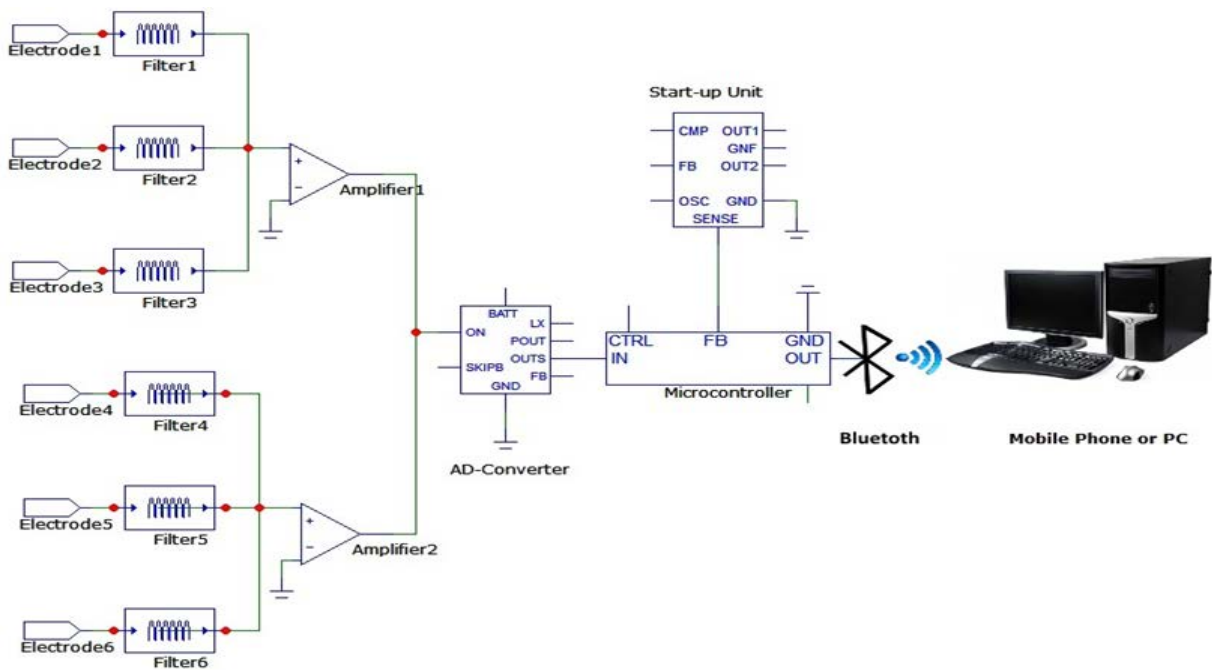


Рис. 3. Структурна схема системи автоматизованого моніторингу стану особи, яка працює в ЕНС

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

Вхідними сигналами системи є параметри ФСт особи, що являють собою початкові параметри ЕШХ МЗ. Вихідні параметри – поточні значення ЕШХ МЗ, з яких обраховується необхідний критерій ФСт особи $\overline{F_s(n)}$. Вихідним сигналом системи контролю може бути попередження про перевищення ним припустимих меж задовільного стану, при черговому вимірі параметрів ЕШХ МЗ. Оскільки інформування щодо ФСт особи, яка працює в ЕНС, повинно бути отримане безпосередньо після чергового виміру параметрів ЕШХ МЗ, система працює в онлайн режимі.

Дію системи контролю ФСт осіб у ЕНС перевірено із застосуванням персональних параметрів ЕШХ учасників дослідження.

На рис.4 наведено візуалізацію розрахованих за попередніми даними припустимих меж параметрів ЕШХ, та результати послідовних вимірювань ЕШХ МЗ одного з учасників. Індивідуальні параметри ЕШХ МЗ при роботі в ЕНС у цієї людини вимірювались, узагальнювались і оброблялись у відповідності до алгоритмів роботи автоматизованої системи контролю, до; під час; по закінченні роботи в ЕНС. Часові інтервали всередині робочого часу були експериментально обрані у 45 хвилин, - тривалість академічного часу.

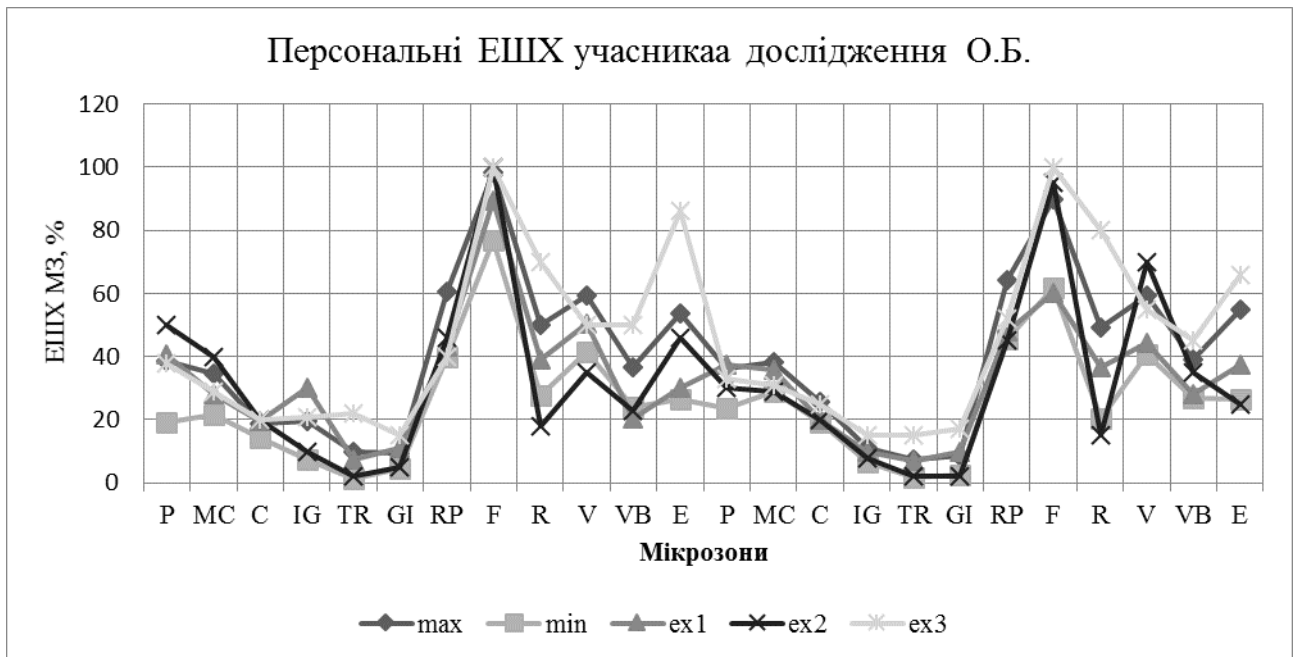


Рис. 4. Межі припустимого розкиду параметрів МЗ одного з учасників дослідження та чергові виміри його параметрів ЕШХ МЗ

На рис. 4 в легенді крива «max» – максимальні розрахункові параметри ЕШХ МЗ цієї особи, «min» – мінімальні. Криві, позначені як «exN», – чергові виміри ЕШХ МЗ особи, з інтервалом у 1 академічну годину. Криві ex1 і ex2, як видно з рис. 4, не виходять за межі припустимого розкиду параметрів ЕШХ, визначених для цієї особи, хоча параметри деяких МЗ розташовані в приміжевій зоні. Крива ex3 наочно ілюструє вихід параметрів ЕШХ МЗ за межі припустимого розкиду, що відбулося через 3 академічні години від початку роботи людини в ЕНС. Втома, перевантаження певних ФС позначилися на параметрах ЕШХ. Об'єктивно обчислений для всіх трьох показаних кривих інтегральний критерій ФС, що являє собою суму відхилень параметрів кожної МЗ від середнього, показав перевищення максимально можливої суми у третьому випадку, і попадання деяких параметрів ЕШХ МЗ перших двох кривих у приміжеву полосу. Відповідно до результатів розрахунків виміри не викликають і появи попереджувального повідомлення про попадання параметрів у прикордонний стан, адже, за принципом суперпозиції, в сумі відхилення не складають критичного рівня.

Отже, 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, за видами діяльності групах, як такої, що може застосовуватись у різних ергатичних та/або діагностичних системах.

У додатках представлено акти впровадження, відомості про апробацію результатів дисертації, список публікацій здобувача та сертифікат авторського права на твір.

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 ВСР, РВГ. 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.

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

контрольних мікрозон та запропонованого методу оброблення результатів ЕШХ на базі явища сталості середніх значень ЕШХ МЗ.

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., Рыжов О. А., Волох Н. Г., Черепок О. О. Кореляції між електрошкірними характеристиками мікрозон і параметрами клінічного і біохімічного аналізу крові. *Клінічна информатика і телемедицина* 2017. Т. 12. Вып. 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. Р. 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 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, Запоріжжя). Запоріжжя; Київ: ЗДМУ, 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).

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). – Національна медична академія післядипломної освіти імені П. Л. Шупика, МОЗ України, Київ, 2019.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню завдання створення автоматизованої системи контролю функціонального стану осіб, які навчаються в комп'ютерному ергатичному навчальному середовищі, за допомогою інтегрального критерію – електрошкірних характеристик мікрозон. На основі відкритого в ході виконання наукового дослідження й уперше описаного явища стабільності середніх значень електрошкірних параметрів мікрозон обґрунтовано сутність інтегрального критерію оцінювання відносних змін функціональних станів людини в ергатичному

комп'ютерному середовищі. Запропоновано новий метод обробки показників електрошкірних характеристик і побудови на їх основі висновків щодо змін функціонального стану людини. Доведено, що цей новий метод має високу кореляцію з параметрами функціонального стану людини, отриманими добре відомими й широко вживаними способами його визначення.

Створено структурну схему і систему дистанційного контролю стану людини, яка працює в комп'ютерному середовищі, з метою своєчасного коригування негативного впливу на стан здоров'я студента за допомогою технологій Bluetooth та Wi-Fi.

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

SUMMARY

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). – Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Health Care of Ukraine, Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the development of the system of automated control of the functional state of the person working in the ergatic computer system, on the basis of the proposed method of monitoring the changes in the status of the person being trained in the «person – computer» system.

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.

A new method for defining the functional state of person' working in the ergatic system was created on the basis of the integral criterion developed in accordance with the

author's first described phenomenon of stability of the mean values of the parameters of the skin electrical parameters in the control microzone.

Correlation between the level of results obtained by students for the final testing on the basis of the automated testing system, and the relative (as a result of their work in ICT, for which model the classroom was selected in the computer class) 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).

During the research the following tasks were solved: the scientific approaches to the problem of determining the functional state of people working on a computer were analyzed, based on literature studies. The functional state of a person working in the system of «person-computer», based on the methods of HRV, RVG, is investigated.

The possibility of determining the parameters of the functional state of person' working in the «person-computer» system with the method of measuring the electroskin parameters of the microzones on the person's body is investigated.

The correlation between the parameters of the functional state of persons measured by the methods of heart rate variability, rheovasography, and the changes of ESC parameters on the basis of correlation analysis is statistically proved.

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.

The new solution of the actual scientific and technological task is presented – creation of an automated control system of the person's functional state with the use of IT technologies, based on the integral criterion. The investigation results can become the basis for improving the methods of monitoring the individuals functional state in ergatic systems, through the construction of devices, gadgets for remote functional state control.

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. 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.

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

АННОТАЦИЯ

Страхова О. П. Система автоматизированного контроля функционального состояния человека, находящегося в эргатической системе «человек-компьютер». – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 14.03.11 – Биологическая и медицинская информатика и кибернетика (09 – Биология). – Национальная медицинская академия последипломного образования имени П. Л. Шупика, МЗ Украины, Киев, 2019.

Диссертация посвящена решению задачи создания автоматизированной системы контроля функционального состояния лиц, обучающихся в компьютерной эргатической учебной среде, с помощью интегрального критерия – электрокожных характеристик микрозон. На основе открытого в ходе выполнения научного исследования и впервые описанного явления стабильности средних значений электрокожных параметров микрозон обосновано значение интегрального критерия оценки относительных изменений функциональных состояний человека в эргатической компьютерной среде. Предложен новый метод обработки показателей электрокожных характеристик и построения на их основе выводов относительно изменений функционального состояния человека. Доказано, что этот новый метод имеет высокую корреляцию с параметрами функционального состояния человека, полученными хорошо известными и широко применяемыми способами его определения. Создана структурная схема и система дистанционного контроля состояния человека, работающего в компьютерной среде, с целью своевременной корректировки негативного влияния на состояние здоровья студента с помощью технологий Bluetooth и Wi-Fi.

Ключевые слова: эргатическая учебная система, функциональное состояние, электрокожные характеристики, вариабельность сердечного ритма, реовазография, ситуативная и личностная тревожность, система контроля, Bluetooth, Wi-Fi.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

АСК	– автоматизована система контролю функціонального стану особи
АЦП	– аналого-цифровий перетворювач
БД	– база даних
ВНС	– вегетативна нервова система
ВСР	– варіабельність серцевого ритму
ЕНС	– ергатична навчальна система
ЕС	– ергатична система
ЕШХ	– електрошкірні характеристики
МЗ	– мікрозона
ППП	– пакет прикладних програм
РВГ	– реовазографія (верхніх кінцівок)

ССС	– серцево-судинна система
СТ	– ситуативна тривожність
ФС	– функціональна система
ФСт	– функціональний стан особи