

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

МАКОГОН ВІТАЛІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 612.821

**МЕТОДИ ЗАСІБ ДЛЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО
ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ
ПРИСТРОЇВ**

05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2021

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Коваль Леонід Григорович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри біомедичної інженерії

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Аврунін Олег Григорович,
Харківський національний університет
радіоелектроніки, завідувач кафедри біомедичної
інженерії

кандидат технічних наук, доцент
Яворська Євгенія Богданівна,
Тернопільський національний технічний університет
імені «Івана Пулюя», завідувач кафедри біотехнічних
систем.

Захист відбудеться „30” ____09____ 2021 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.052.06 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210 ГНК.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Вінницького національного технічного університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий „28” ____08____ 2021 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради

С.В.Тимчик

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Технічний прогрес, у всьому світі, сприяє зниженню вартості та спрощенню систем керування дистанційно-керованими пристроями(ДКП) які активно впроваджуються у всіх розвинених країнах. На сьогодні існує широке різноманіття дистанційно-керованих пристроїв різного класу та призначення. Конструктивно вони можуть бути досить простими і вимагати постійного контролю оператором, але можуть бути здатними і на цілком автоматичні режими роботи. Робочі місця операторів таких дистанційно-керованих пристроїв обладнані різноманітними системами відображення інформації та управління з урахуванням тривалості та змісту можливих місій.

Світовий досвід показує, що найбільші труднощі при використанні дистанційно-керованих пристроїв пов'язані з людським фактором, тому провідні країни світу не шкодують сил та матеріальних ресурсів на наукову роботу відповідного спрямування. І все це відбувається в умовах швидкого вдосконалення технічної складової дистанційно-керованих пристроїв та ситуаційного формування експлуатаційних практик у відповідності з поточним баченням їх доцільності в широкому спектрі завдань застосування дистанційно-керованих пристроїв.

Сьогодні практично всі держави світу проявляють турботу про вдосконалення системи підготовки та відбору кваліфікованих кадрів, особливо для дистанційно-керованих пристроїв спеціального призначення.

Одним з напрямів вирішення цієї задачі є професійний психофізіологічний відбір кандидатів на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв у військові навчальні заклади, що готують фахівців для роботи з дистанційно-керованими пристроями таких як безпілотні авіаційні комплекси, роботи сапери і т.д. як в мирний час, так і в бойових умовах. Також такий відбір потрібно здійснювати організаціям які здійснюють продаж та займаються підготовкою операторів дистанційно-керованих пристроїв для комерційного використання.

Мета професійного психофізіологічного відбору полягає в тому, щоб визначити і оцінити наявність у кандидата на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв необхідних якостей і здібностей, які забезпечать йому успішне навчання і подальшу ефективну діяльність. Досягти поставленої мети можна тільки за умов розробки нових моделей, методів та програмно-технічних засобів, які на сьогодні практично відсутні.

Дане дисертаційне дослідження спрямовано саме на вирішення задачі психофізіологічного відбору кандидатів на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв шляхом створення методу і відповідного програмно-апаратного засобу для його реалізації.

Враховуючи вищезазначене, вважаємо, що тема дисертаційного дослідження є актуальною. Впровадження методу та засобу, яким присвячена робота, дозволять забезпечити шляхом психофізіологічного відбору формування

навчальних або тренувальних груп з мінімальною кількістю осіб непридатних до діяльності на посаді оператора дистанційно-керованих пристроїв.

Зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження виконувалась на кафедрі біомедичної інженерії ВНТУ, зокрема в рамках: держбюджетної НДР «Створення тактично-розвідувальних безпілотних авіаційних комплексів» № держреєстрації 0117U000572; «Апаратно-програмний комплекс психофізіологічного відбору операторів безпілотних літальних апаратів та їх інформаційної підтримки в процесі професійної діяльності» № держреєстрації 0120U002206; госпдоговірної тематики №3007 – «Модернізація безпілотного авіаційного комплексу» в яких здобувач брав участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є підвищення ефективності психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв шляхом створення методу та засобу психофізіологічного тестування, аналізу та оцінювання результатів відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі науково-технічні завдання:

- провести аналіз існуючих методів та засобів для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв;
- визначити професійно-важливі якості оператора дистанційно-керованих пристроїв та фізіологічні показники необхідні для його успішної діяльності;
- розробити психофізіологічну модель оператора дистанційно-керованих пристроїв;
- розробити метод психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв;
- розробити програмно-апаратний засіб психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв;
- провести експериментальні дослідження.

Об'єкт дослідження – процес психофізіологічного тестування і відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

Предмет дослідження – метод психофізіологічного тестування і відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

Методи дослідження. В роботі використані: методи психоаналізу і психодіагностики – для побудови психофізіологічної моделі оператора ДКП; функціональної діагностики – для визначення фізіологічного стану кандидатів та їх стресостійкості; математичного моделювання – при побудові інформаційно-структурних моделей; методи системного аналізу для проектування архітектури програмно-апаратного засобу психофізіологічного відбору операторів ДКП; теорії цифрової обробки сигналів – при розробленні сенсорів фізіологічних показників та алгоритмів їх функціонування; теорії нечітких множин – при побудові математичних моделей для задач тестування і відбору операторів ДКП; елементів математичної статистики для обробки результатів роботи запропонованого методу та оцінки його ефективності.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в подальшому розвитку теорії психофізіологічної надійності персоналу, поглибленні існуючих та розробленні нових теоретичних положень і математичних моделей щодо підвищення точності та ефективності прийняття рішень у технологіях психофізіологічного тестування і відбору персоналу.

Вперше розроблено психофізіологічну модель оператора дистанційно-керованих пристроїв новизною якої є визначення та узгодження між собою професійно-важливих якостей оператора, рівня розвитку дрібної моторики, просторового мислення та стресостійкості.

Вперше запропоновано автоматизований метод психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв який шляхом використання багаторівневої алгоритмізованої структури для автоматизації процесу відбору дозволяє оцінити придатність кандидата до діяльності на посаді оператора дистанційно-керованих з достовірністю 87-90%.

Удосконалено математичну модель процесу психофізіологічного тестування, яка враховує психологічну і фізіологічну компоненти та їх взаємодію під час психологічного тестування та визначення рівня дрібної моторики.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що розроблено:

- алгоритм процесу психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв;

- апаратну частину засобу психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв, яка дає можливість визначати рівень розвитку дрібної моторики з використанням пульта керування, здійснювати поточний контроль показників шкірно-гальванічної реакції та фотоплетизмограми під час тестування;

- програмне забезпечення для автоматизації процесу психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в практичну діяльність Приватного підприємства «ВІНАЕРОГІС» (акт впровадження від 15.12.2020 р.), що підвищило ефективність відбору персоналу для виконання робіт з дистанційно-керованими пристроями та для робіт з об'ємним зображенням. Результати роботи також використовуються у навчальному процесі кафедри біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету (акт впровадження від 12.01.2021 р.), що сприяло покращенню якості викладання лекційного матеріалу і проведення практичних занять.

Особистий внесок здобувача. Сформовані в дисертації наукові результати, висновки і рекомендації, які винесено на захист, отримані безпосередньо автором і є його науковим доробком. Особистий внесок дисертанта у спільних працях полягає в одержанні моделей та експериментальних результатів, в розробленні програмно-технічних комплексів і моделей.

Всі результати, які складають основний зміст дисертації отримані здобувачем самостійно. В роботах опублікованих в співавторстві, особистий

внесок здобувача полягає в наступному: у роботі [1] дисертантом запропоновано один з варіантів реалізації на апаратному рівні елемента нечіткої логіки з високою швидкодією; [2] – проведено оцінку впливу рівня глюкози у крові людини на фізичні показники тканин людини, що може бути використано для оцінки рівня стресу при відборі на посаду оператора ДКП; [3] – наведено процес організації багаторівневого адаптивного тестування для діагностики стану когнітивної сфери респондента в задачах професійного відбору, такий підхід дозволяє розгорнути ефективне тестування з мінімізацією кількості завдань; [4] – у статті запропоновано схему та алгоритм відбору за психофізіологічними показниками осіб, придатних до навчання на оператора дистанційно-керованих пристроїв з оцінкою рівня розвитку дрібної моторики кисті рук, технічного та просторового мислення, а також результатів психологічного тестування; [5] – розглядається інформаційна система для оцінювання рівня дрібної моторики та оцінки стресостійкості операторів дистанційно-керованих пристроїв; [7] – у роботі визначено основні професійно-важливі якості(ПВЯ) для оцінки придатності кандидата до роботи з дистанційно-керованими пристроями, на основі оцінки особистісних характеристик розроблено нечітку модель оцінки по схемі Мамдані; [6] – описані основні типи параметрів які характеризують долоню людини, що дає можливість використати ці параметри при визначенні стрессостійкості операторів дистанційно-керованих пристроїв; [8] – проведено оцінку впливу стресу на показники серцевого ритму; [9] – [11] – проведено обґрунтування необхідності відбору операторів безпілотних літальних апаратів; [12] – описані засоби психологічного тестування які можна використати для відбору операторів безпілотних літальних апаратів; [14] – проведено дослідження впливу зміни рівня глюкози в крові на показники дихання людини та насиченості крові киснем; [15] – розглянуто залежність рівня стресу та моторної реакції людини; [16] – запропоновано використання пульта керування радіомоделями для визначення рівня розвитку дрібної моторики.

Апробація матеріалів дисертації.

Наукові та практичні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародних конференціях, зокрема:

- на міжнародній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії(TCSET 2012)», Львів – Славське, 2012р;

- на міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ», м. Львів, 2015р;

- на міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування(СПРТП 2017)», Вінниця, 2017р;

- на XLVII, XLVIII Науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних підприємств(НТКП ВНТУ – 2018, 2019), Вінниця;

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових праць, в т. ч. 7 статей, 6 з них у наукових фахових виданнях України, що входять до переліку наукових фахових видань з технічних наук (з них 4 у виданнях, які індексуються міжнародною наукометричною базою даних Index Scopus), 6 матеріалів та тез доповідей на наукових конференціях; 3 патенти України. Загальна кількість публікацій у міжнародній наукометричній базі даних Scopus – 1.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних літературних джерел, що містить 96 найменувань та 6 додатків, де наведені документи щодо практичного використання результатів дисертаційних досліджень.

Основний зміст роботи викладено на 132-х сторінках. Робота містить 10 таблиць, 51 рисунок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність і доцільність роботи, викладено мету та завдання дослідження, наукову новизну і практичну цінність, подано відомості про апробацію і структуру роботи.

У **першому розділі** – «Аналіз існуючих методів і засобів для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв» – проведено аналіз існуючих методів і засобів які можна використовувати в процесі відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв, визначено їх особливості та недоліки наукового-методично, експлуатаційного та організаційного характерів.

Показано, що відсутність систем психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв є однією з причин виникнення проблем при їх експлуатації.

Порівняння існуючих засобів та систем відбору персоналу показав, що існуючі на сьогодні засоби відбору персоналу не можуть забезпечити психофізіологічний відбір на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв.

Обґрунтована необхідність використання психофізіологічного відбору, в основу якого покладено визначення особистісних якостей кандидата з урахуванням його фізіологічних і психологічних особливостей, рівня розвитку дрібної моторики та стресостійкості.

Другий розділ присвячений розробці методу визначення рівня відповідності кандидата посаді оператора дистанційно-керованих пристроїв.

Запропоновано психофізіологічну модель оператора дистанційно-керованих пристроїв, яка узгодила між собою індивідуальні здібності кандидата і професійно-важливі якості оператора дистанційно-керованих пристроїв та визначила їх взаємовідповідність через динамічні процеси тестування, оцінювання, визначення, навчання тощо.

Для визначення професійно важливих якостей використано опитувальник Кеттелла, як один із найбільш відомих багатofакторних методик,

що дозволяє провести дослідження особистості за 16 факторами. Професійно важливі якості оператора дистанційно-керованих пристроїв і факторів опитувальника Кеттелла наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Професійно-важливі якості оператора дистанційно-керованих пристроїв та відповідні їм фактори опитувальника Кеттелла

Професійно-важливі якості оператора ПДК	Фактори теста Кеттелла
Зібраність	Впевненість у собі
Стресостійкість	Емоційна стійкість
Комунікативні якості	Комунікабельність, дипломатичність
Готовність до навчання	Інтелектуальний розвиток
Постійність і точність	Самоконтроль
Стійка увага	Самоконтроль
Відповідальність	Нормативність поведінки

При обробці результатів оцінки особистих якостей операторів дистанційно-керованих пристроїв завжди виникатиме деяка степінь нечіткості, тому для оцінки професійно-важливих якостей використовуємо математичний апарат нечіткої логіки.

Для визначення рівня просторового мислення було використано метод Амтхауера. Для обробки результатів тестування просторового мислення кандидата можна використати абсолютний або відносний показник. Абсолютний показник – сума правильних відповідей за кожний субтест, або загальна сума вірних відповідей за всі завдання тесту. Відносний показник (%) визначається для кожного субтеста. Наприклад кандидат отримав 16 балів з 20-ти можливих. Тоді його абсолютний показник дорівнює 16 а відносний (X) розраховується по формулі пропорції.

$$X = \frac{16 \cdot 100}{20} = 80(\%),$$

де 20 – кількість завдань субтесту;

16 – абсолютний показник успішності тесту.

Для використання відносного показника його краще оцінювати відносно одиниці. Тоді

$$X = \frac{16}{20} = 0,8.$$

Такий коефіцієнт зручно використовувати для приведення показника розвитку просторового мислення до системи нечіткої логіки.

Для визначення рівня розвитку дрібної моторики використовують метод який ґрунтується на аналізі відхилення зразкових геометричних фігур та фігур які були створені за допомогою пульта дистанційного керування радіокерованими моделями та часу витраченого на виконання цих завдань. За допомогою комп'ютера реєструють число переглянутих (А), правильно

виконаних завдань (В), технічно правильно виконаних завдань із запізненням по часу (С) та неправильно виконаних завдань (Д). На підставі цих показників розраховують рівень розвитку рухових навиків(Р):

$$P=T*(B+C) \quad (1)$$

Після виконання тестових завдань на екрані монітора відображаються показники Р, і максимального відхилення. На основі цих значень визначають рівень розвитку дрібної моторики у осіб які прагнуть працювати оператором дистанційно-керованих пристроїв.

Для визначення стресостійкості під час тестування здійснюється контроль шкіро-гальванічної реакції(ШГР) та фотоплетизмограми(ФПГ). ШГР є вельми точним показником сенсорного і розумового збудження, що і дозволило використати ШГР для оцінювання рівня емоційного стресу. ШГР має дві складові – тонічну і фазичну, яка найчастіше використовується для оцінювання психічних процесів за амплітудою і латентним періодом.

Використання фотоплетизмограми дозволяє досліджувати периферійний кровотік, визначати стан судин і не потребує зондуючого струму, який може здійснювати вплив на організм людини.

Постійний контроль цих показників дозволяє нам оцінити зміну фізіологічного стану при проходженні психологічного тестування та тестуванні дрібної моторики та побудувати простір фізіологічних станів кандидата (рис.1).

Проекція n -мірної множини фізіологічних станів організму кандидата, яка забезпечує стійке функціонування системи «Кандидат – комплекс середовище» в двомірну площину створює підпростір Q_1

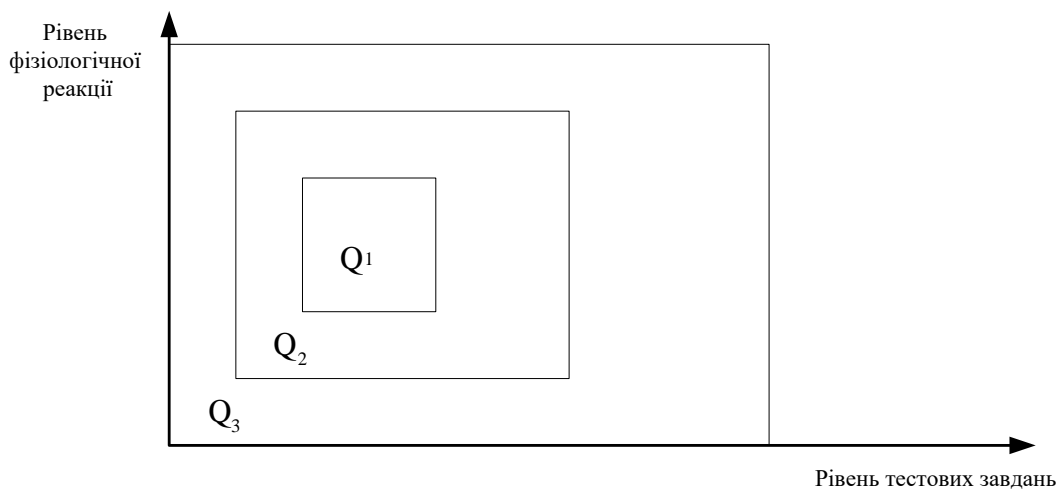


Рисунок 1 – Простір станів кандидата

Кандидат максимально відповідає своїм особливостям коли показники його фізіологічної компоненти знаходяться в підпросторі Q_1 . Якщо при відповіді на питання тесту він починає хвилюватись, то його фізіологічна компонента миттєво реагує і це приводить до того, що показники фізіологічної

компоненти зміщуються в підпростір Q_2 , який можна визначити як діапазон контрольованого залучення фізіологічної складової.

В ситуації, коли кандидат відповідає на питання тесту, які викликають значне хвилювання показники його фізіологічної компоненти переходять в підпростір станів Q_3 , який можна визначити як діапазон стресових станів. Представлена на рис 1. графічна інтерпретація простору станів кандидата має ще одну суттєву відмінність. Мова йде про секторування підпросторів Q_2 і Q_3 адекватне відповідним блокам питань тесту або графічних завданням при тестуванні дрібної моторики, що дає можливість однозначно визначити, які питання і завдання викликали у кандидата хвилювання і зміну фізіологічних показників.

В реальних умовах на функціонування організму кандидата та прийняття ним рішення по відповідям на питання тесту впливають стан фізіологічної компоненти $V(t)$; стан психічної компоненти $U(t)$; $\Theta(t)$ – функція взаємодії фізіологічної та психологічної компонент:

$$U(t) = \{u_1(t), u_2(t), \dots, u_k(t), \dots, u_e(t)\}, \quad (2)$$

$$V(t) = \{v_1(t), v_2(t), \dots, v_p(t), \dots, v_R(t)\}, \quad (3)$$

$$\Theta(t) = \{\theta_1(t), \theta_2(t), \dots, \theta_\gamma(t), \dots, \theta_s(t)\}. \quad (4)$$

де $u_j, j = \overline{1, l}$ – елементи множини станів психічної компоненти $u \in U$;

$v_j, j = \overline{1, l}$ – елементи множини станів фізіологічної компоненти $v \in V$;

$\theta_j, j = \overline{1, l}$ – елементи множини значень функції взаємодії $\theta \in \Theta$.

Для опису функціонального стану кандидата, як об'єкта контролю і керування будемо використовувати теорію диференціальних рівнянь, що дає змогу з єдиних позицій досліджувати об'єкти довільної структури і природи. В такому випадку математична модель у вигляді системи диференціальних рівнянь може бути представлена таким чином:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x, u, v, \theta, t), \\ \frac{dx_2}{dt} &= f_2(x, u, v, \theta, t), \\ \frac{dx_n}{dt} &= f_n(x, u, v, \theta, t), \end{aligned} \quad (5)$$

де $X = (x_1 \dots x_n)$ – вектор вихідних параметрів функціонування кандидата;

$U = (u_1 \dots u_e)$ – вектор психічної компоненти;

$V = (v_1 \dots v_R)$ – вектор фізіологічної компоненти;

$\Theta = (\theta_1 \dots \theta_s)$ – вектор функції взаємодії.

Дана математична модель достовірно відображає процес прийняття рішення кандидатом, як об'єктом контролю і керування на інтервалі $t \in (0, T)$ при зміні вихідних параметрів в області $x \in X$ і враховує зовнішні та внутрішні впливи, психічну і фізіологічну компоненти та їх взаємодію. Амплітуда зміни фізіологічної компоненти та її залежність від етапів психологічного тестування та завдань визначення рівня дрібної моторики дає можливість нам оцінити стресостійкість кандидата в оператори дистанційно керованих пристроїв.

З урахуванням наведених умов структурна схема біомедичної системи збору даних для визначення рівня стресостійкості матиме вигляд зображений на рис. 2.

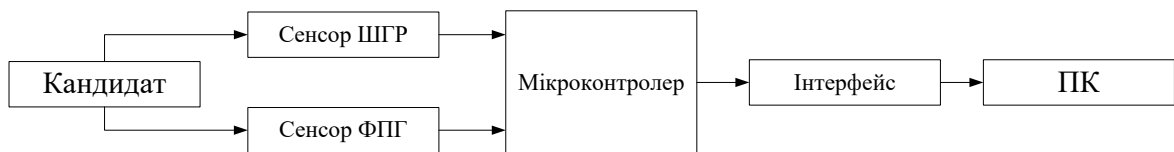


Рисунок 2 – Структурна схема біомедичної системи збору даних для визначення рівня стресостійкості

Для організації процесу відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв розроблено структурну схему системи психофізіологічного відбору, зображену на рис. 3, яка включає в себе апаратну частину, яка призначена для визначення рівня розвитку дрібної моторики та фіксації фізіологічних показників, інформаційних елементів призначених для обробки та зберігання даних.

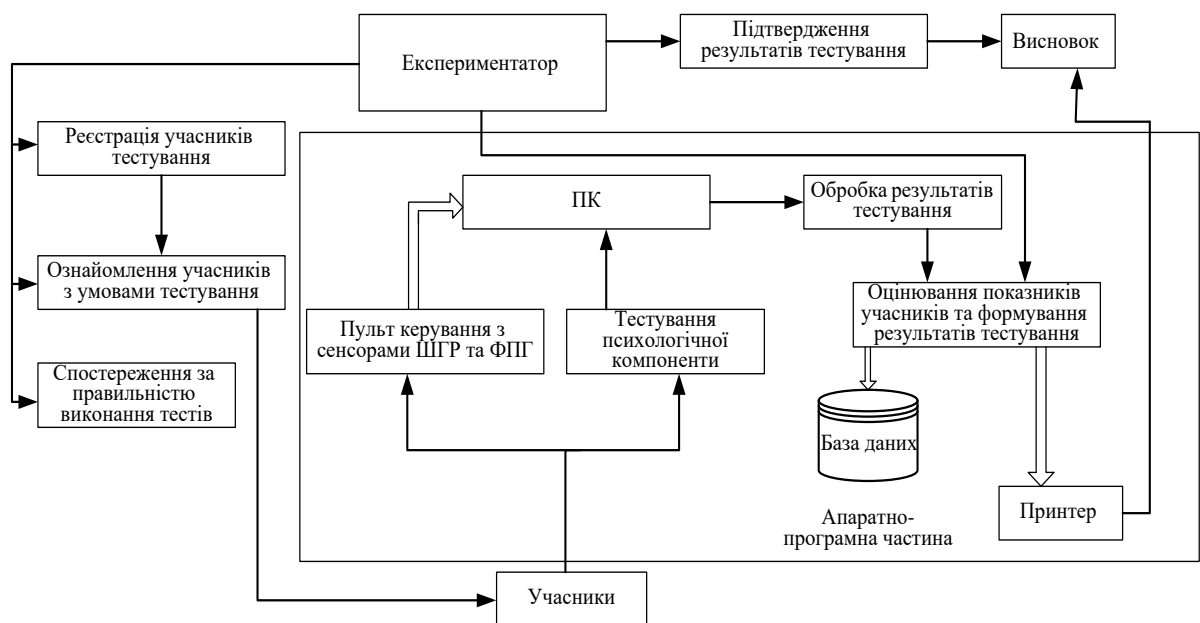


Рисунок 3 – Структурна схема системи відбору операторів ДКП

Основним елементом для проведення такого тестування є персональний комп'ютер(ПК), який здійснює обробку отриманих результатів тестування психологічної складової, дрібної моторики, просторового мислення та стресостійкості. Отримані результати тестування зберігаються у базі даних. Для того, щоб реалізувати всі необхідні функції які покладені на ПК на ньому має бути встановлено спеціалізоване програмне забезпечення до складу якого мають входити наступні модулі:

- модуль визначення рівня розвитку дрібної моторики;
- модуль визначення рівня просторового сприйняття;
- модуль обробки результатів психологічного тестування;
- модуль роботи з даними отриманими із сенсорів ШГР та ФПГ;
- модуль роботи з принтером;
- модуль комплексної оцінки психофізіологічної придатності для роботи оператором ДКП.

Для тестування дрібної моторики використовується пульт керування радіомоделями, який дозволяє відстежувати переміщення важелів керування у просторі під час тестування. До нього також підключено сенсори ШГР та ФПГ, так як плата попередньої обробки та передачі даних розміщена всередині пульта керування.

Важливу роль під час тестування відіграє експериментатор, адже на нього покладаються такі функції як:

- реєстрація учасників тестування;
- ознайомлення учасників з умовами тестування;
- спостереження за дотриманням умов тестування учасниками;
- підтверджувати результати тестування та видавати відповідні результати.

База даних призначена для зберігання результатів тестування кожного з учасників, для подальшого використання .

Відбір за цією схемою відбувається наступним чином у такій послідовності:

- відбувається реєстрація учасників та ознайомлення учасників із умовами відбору, особливостями роботи із пультами дистанційного керування радіомоделями, часовими рамками виконання тестів;
- початок тестування, під час якого експериментатор слідкує за учасниками тестування та попереджує порушення умов виконання тестів;
- після проходження тестів результати тестування психологічної компоненти, просторового мислення, дрібної моторики обробляють на ПК та формується висновок чи придатний даний кандидат до роботи оператором ДКП.

При необхідності учасникам тестування можуть видаватися результати тестування надруковані на принтері та підтверджені експериментатором.

Структура нечіткої системи для висновків про придатність до роботи оператором ДКП має чотири вхідні фактори, обрані для психофізіологічного відбору та вихідний параметр Q які представлені у вигляді нечітких множин.

Оскільки вихідний параметр дискретний, то для реалізації вибрана система Сугено.

На рис. 4-6 представлено приклади поверхонь логічних висновків для правил нечіткого висновку сформованого за рахунок екстракції даних та навчання системи в ANFIS редакторі.

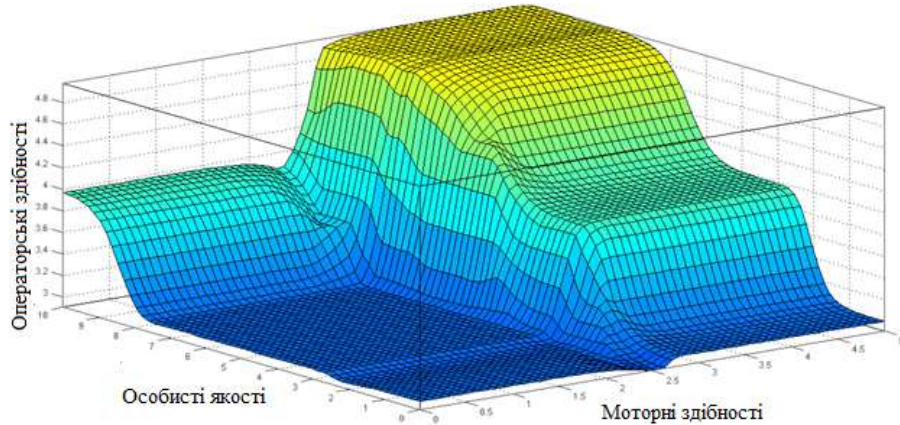


Рисунок 4 – Приклад оптимізованого нечіткого логічного висновку залежності рівня операторських здібностей від особистих якостей та моторних здібностей

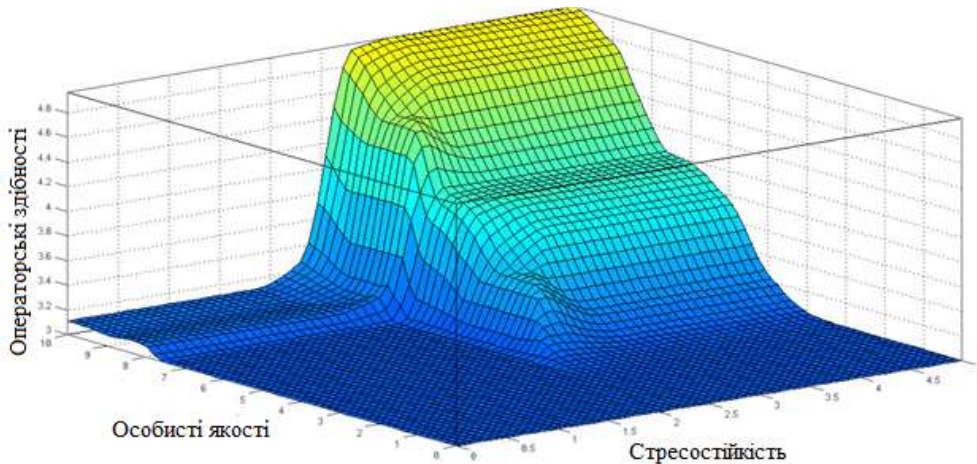


Рисунок 5 – Приклад оптимізованого нечіткого логічного висновку залежності операторських здібностей від особистих якостей та стресостійкості

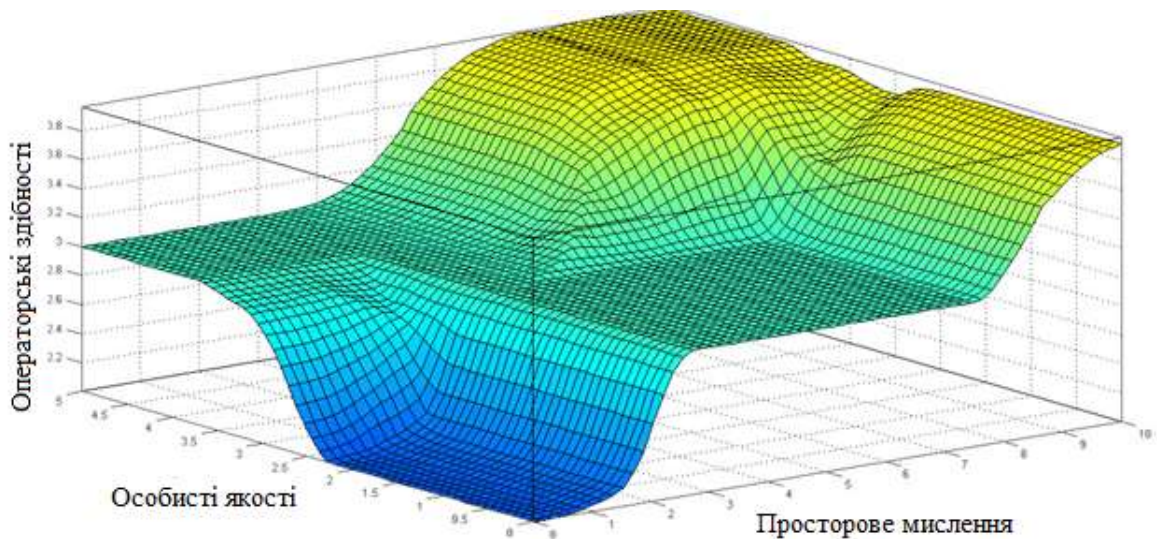


Рисунок 6 – Приклад оптимізованого нечіткого логічного висновку залежності рівня операторських здібностей від особистих якостей та просторового мислення

Даний метод визначення рівня відповідності психофізіологічних показників було використано для всіх запропонованих тестових методик, що дозволило за допомогою нечітких нейронних мереж автоматизувати процес прийняття рішення і класифікувати кандидатів на посаду операторів ДКП за наступними класами:

- повністю придатний;
- більше придатний, ніж непридатний;
- більше непридатний, ніж придатний;
- непридатний.

У **третьому розділі** – «Реалізація апаратно-програмного засобу для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв» вперше розроблено апаратно-програмний засіб для психофізіологічного тестування і відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

Розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення для психофізіологічного тестування яке забезпечує відсіювання людей, що не придатні для діяльності оператором дистанційно-керованих пристроїв.

База даних психофізіологічного тестування створена з використанням сервера баз даних MySQL, який є швидкодіючим, простим і надійним сервером баз даних SQL. Використання MySQL було зумовлене необхідністю одночасної роботи з кількома потоками комп'ютерів локальної мережі

База даних побудована по принципу дворівневих баз даних. Кожен тест представлено окремою таблицею в базі даних. В таблицях тестів зберігаються вже оброблені результати тестування, які вимагають лише здійснення інтерпретації. Це підвищує мобільність бази даних, її компактність і швидкодію.

Процес тестування повинен проходити в кілька етапів. Спочатку необхідно ввести дані про кандидата і програма присвоїть йому унікальний

ідентифікаційний номер по якому він буде значитись в базі даних. За допомогою ідентифікатора (ID-номер) відбувається прив'язка анкетних даних кандидата, історії і результати його тестування. Це дозволяє забезпечувати анонімність і функціональність тестування.

Розроблено структурну схему апаратної частини засобу для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв зображену на рис. 7, яка забезпечує вимірювання необхідних показників та передавання їх на персональний комп'ютер для подальшої обробки.

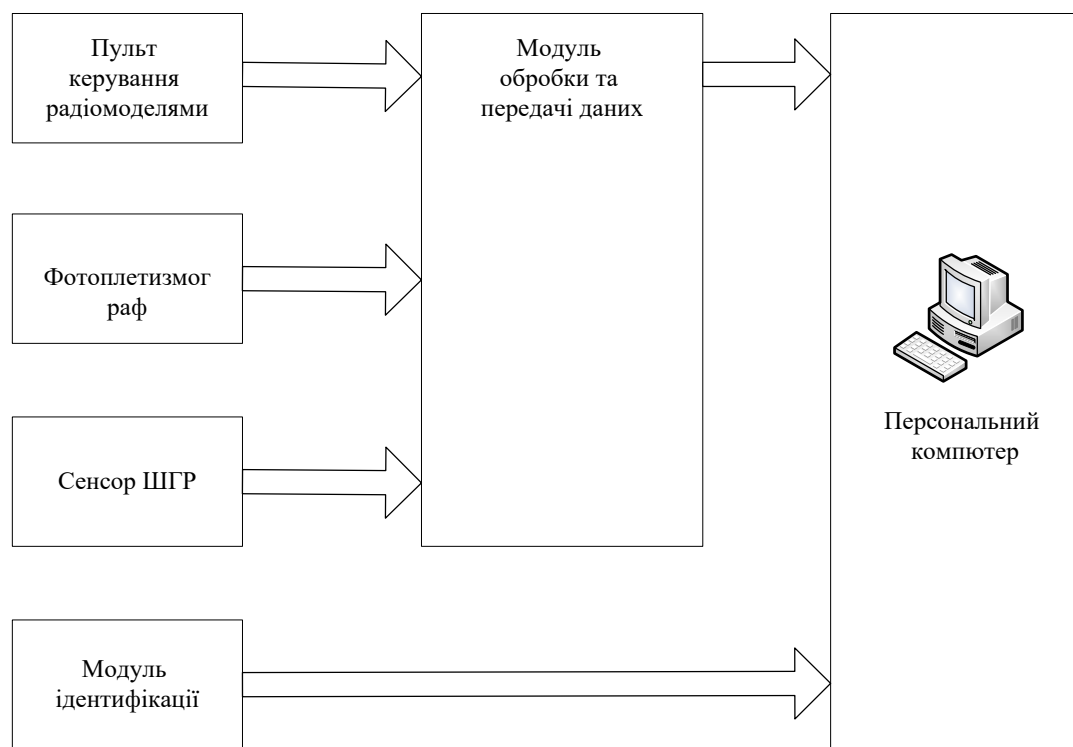


Рисунок 7 – Структурна схема засобу для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв

Структурна схема включає наступні елементи:

- пульт керування радіо моделями, який призначений для фіксації переміщення важелів керування при визначені рівня дрібної моторики;
- фотоплетизмографа, який здійснює вимірювання фотоплетизмограми під час тестування;
- сенсора ШГР, який який здійснює вимірювання шкіро-гальванічної реакції під час тестування;
- модуля ідентифікації, який призначений для ідентифікації оператора дистанційно-керованих пристроїв;
- модуля обробки та передачі даних, який здійснює попередню обробку даних отриманих із модулів ФПГ, ШГР та пульта керування та перетворює їх у інтерфейс USB для зв'язку із персональним комп'ютером(ПК). Приклад розміщення сенсорів наведено на рис. 8.

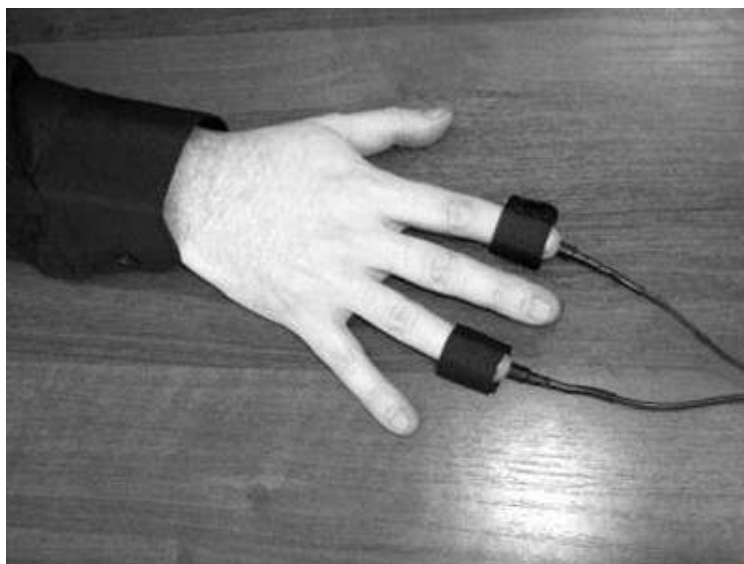


Рисунок 8 – Розміщення сенсорів для вимірювання шкіро-гальванічної реакції

Обрано мікроконтролер для модуля обробки та передачі даних, який здійснює перетворення сигналу з імпульсно-позиційною модуляцією від пульта керування безпілотним літальним апаратом у сигнал інтерфейсу USB.

У **четвертому розділі** – «Експериментальне дослідження методу і засобу для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв» розроблено рекомендації щодо побудови процесу відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв та проведено експериментальні дослідження методу і засобу психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв..

Проведено оцінку адекватності розроблених моделей та ефективності роботи запропонованого методу та засобу.

Порівняльний аналіз розробленого методу та засобу психофізіологічного відбору кандидатів в оператори ДКП та існуючих проведено за наступними критеріями: успішність (ефективність) навчання; професійна успішність; продуктивність праці; режим прихованого контролю фізіологічної компоненти під час тестування; режим неприхованого контролю фізіологічної компоненти під час тестування; оцінювання кандидатів за рівнем психоемоційної стійкості; наявність інтегрального критерію оцінки результатів тестування і відбору, адекватність відбору на посади операторів ДКП; загальна надійність тестування і відбору.

В таблиці 2 наведені результати порівняння розробленого засобу з іншими, вищезазначеними системами. Порівняльний аналіз запропонованого методу та засобу з існуючими технологіями підтвердив їх переваги, зумовлені збалансованим, виваженим підходом до структурної організації і змісту запропонованого методу та засобу і відповідною методологією побудови інтерфейсу користувача.

Оцінка адекватності моделі відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв показала, що коефіцієнти кореляції по результатах кожного тесту складають 0,85 і вище, що і зумовлює високий індекс надійності.

Проведений аналіз підтвердив теоретичні положення і практичні результати, що були отримані в даному дисертаційному дослідженні.

В **додатках** представлені база знань, акти впровадження і технічні характеристики елементів засобу для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі отримала подальший розвиток теорія психофізіологічної надійності персоналу, розроблено метод та засіб для психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв, що в сукупності із результатами впровадження дозволило зробити такі висновки.

1. Аналіз існуючих методів та засобів відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв показав, що на сьогодні для цих цілей використовуються засоби, що не враховують особливості операторської діяльності, відсутні методики застосування наявних інструментів психодіагностики для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

2. Вперше визначено професійно-важливі якості оператора дистанційно-керованих пристроїв та фізіологічні показники необхідні для його успішної діяльності.

3. Вперше розроблено психофізіологічну модель кандидата на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв на основі нечіткої логіки, яка забезпечує якісний, багаторівневий відбір кандидатів з урахуванням результатів їх рівня розвитку дрібної моторики, особистісних якостей, інтелектуальних здібностей, просторового мислення, стресостійкості, що підвищує достовірність рішення, прийнятого із використанням програмно-апаратного засобу для психофізіологічного відбору кандидатів на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв до 85-87%.

4. Вперше запропоновано новий метод та новий програмно-апаратний засіб відбору кандидатів на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв.

5. Удосконалено діагностику залежності між фізіологічною та психологічною складовою під час тестування та розроблено методику визначення стресостійкості оператора дистанційно-керованих пристроїв.

6. Розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення методу та засобу, що дозволило запропонувати нову, більш досконалу та ефективну процедуру тестування операторів дистанційно-керованих пристроїв.

7. Розроблено засіб психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв, який дозволяє вимірювати показники необхідні для визначення рівня розвитку дрібної моторики, та оцінки стресостійкості оператора ДКП.

8. Порівняльний аналіз розроблених методу і засобу з існуючими аналогами підтвердив її переваги, які зумовлені збалансованим, виваженим підходом до організації структури методу та апаратного і програмного забезпечення засобу для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

[1] В. М. Кичак, О. О. Семенова, О. О. Войцеховська та В. І. Макогон, «Фазоімпульсне кодування інформації у нейронних мережах», *Наукові праці Вінницького технічного університету*, №3, с. 1-5, 2008. Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/80>.

[2] В. І. Макогон, С. М. Злепко, О. С. Макогон та Н. М. Сурова, «Огляд неінвазивних приладів вимірювання рівня цукру в крові», *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, №3, с. 116-119, 2012.

[3] К. С. Навроцька, Д. Х. Штофель, С. В. Костішин та В. І. Макогон, «Адаптивний алгоритм тестування для оцінювання когнітивних функцій людини», *Вісник національного технічного університету «ХПІ»*, №21(1243), с. 135-143, 2017. (Index Copernicus)

[4] В. М. Кичак, С. М. Злепко, В. І. Макогон, «Технологія психофізіологічного відбору операторів безпілотних літальних апаратів», *Вісник Хмельницького національного університету*, №1, с. 239-244, 2019. (Index Copernicus)

[5] В. М. Кичак, В. І. Макогон, М. В. Васильківський, «Інформаційна система для оцінювання рівня дрібної моторики та стресостійкості операторів дистанційно-керованих пристроїв» *Вісник Хмельницького національного університету*, №2, с. 72-77, 2020. (Index Copernicus)

[6] G. Novitsky, L. Koval, V. Makogon, V. Gomolinsky, «Felling of structural schemes of systems biometric identification beyond the venous draving dolon», *Journal of science*, №9, S. 45-50, Lyon -2020. (Index Copernicus)

[7] В. М. Кичак, Л. Г. Коваль, В. І. Макогон, «Моделювання процесу відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв із використанням нечіткої логіки», *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*, №3, с. 1-5, 2020. Режим доступу: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2020-3-1-5>. (Наказ МОН № 975 від 11.07.2019 р.)

[8] S. Zlepko, V. Sierhieieva, O. Azarkhov, V. Makogon, “Biomedical System for Emotional Stress Evaluation”, на міжнародній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп’ютерної інженерії(TCSET 2012)», Львів – Славське, 2012, с.230. (Scopus)

[9] С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, В. І. Макогон, та В. О. Гомолінський, К. І. Солоденко, А. В. Горпінич, «Принципи системної організації застосування БПЛА для територіальних воєнізованих підрозділів», на міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ», Львів, 2015, с.71.

[10] В. І. Макогон, С. М. Злепко, Л. Г. Коваль та С. В. Тимчик, «Особливості відбору кандидатів на навчання пілотування безпілотних літальних апаратів(БПЛА)», на міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ, Львів, 2015», с.247.

[11] К. С. Навроцька, Д. Х. Штофель, В. І. Макогон та М. С. Паламарчук, «Обґрунтування необхідності відбору операторів безпілотних літальних апаратів», на міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування(СПРТП-2017)», Вінниця, 2017, с.110-111.

[12] В. І. Макогон, Л. Г. Коваль, С. В. Костішин, «Огляд сучасних засобів для відбору операторів БПЛА», на XLVII Науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних підприємств(НТКП ВНТУ - 2018), Вінниця, 2018, с. 1981 – 1982. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/index/pages/view/zbirn2018>

[13] В. І. Макогон, «Метод визначення рівня дрібної моторики операторів дистанційно-керованих пристроїв» на XLVIII Науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних підприємств(НТКП ВНТУ - 2019), Вінниця, 2019, с. 1749 – 1750. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/index/pages/view/zbirn2019>

[14] С. М. Злепко, С. В. Тимчик, В. І. Макогон та Д. Х. Штофель, С. В. Костішин, «Неінвазивний монітор для визначення порушень обміну речовин та функціонування дихальної системи», МПК А61В 5/08 (2006.01), №100535, Бюл.№14, 27.07.2015.

[15] К. С. Навроцька, С. М. Злепко, Д. Х. Штофель та Л. Г. Коваль, С. В. Костішин, В. І. Макогон, «Окуляри для діагностики та управління когнітивними функціями людини», МПК(2017.01) А61N 1/00, А61В 10/00, №121962, Бюл.№24, 26.12.2017

[16] С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, В. І. Макогон та С. В. Костішин, В. О. Гомолінський, К. І. Солоденко, «Спосіб визначення рівня розвитку дрібної моторики операторів дистанційно-керованих пристроїв», МПК А61В 5/11 (2006.01), №116642, Бюл.№10, 25.05.2017.

АНОТАЦІЯ

Макогон В.І. Метод і засіб для психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 «Біологічні та медичні прилади і системи». – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2021.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню важливої науково-практичної задачі підвищення ефективності відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв. На основі психофізіологічної моделі оператора дистанційно-керованого пристрою було обрано його професійно важливі якості та обрано тест Кеттелла для оцінки психологічної складової кандидата. Для оцінки просторового мислення обрано метод Амтхауера. Для оцінки дрібної моторики обрано метод який ґрунтується на аналізі відхилення зразкових геометричних фігур та фігур які були створені за допомогою пульта дистанційного керування радіокерованими моделями та часу витраченого на виконання цих завдань. Використання сенсорів шкіро-гальванічної реакції та фотоплетизмограми під час тестування дозволяє нам оцінити зміну фізіологічного стану кандидата під час тестування і таким чином оцінити його стресостійкість.

Для отримання висновку про придатність кандидата до операторської діяльності побудовано нечітку систему Сугено. Яка за результатами психологічного та фізіологічного тестування на основі бази знань, яку отримано у результаті експертного оцінювання дозволяє отримати чотири вихідні лінгвістичні змінні про здібності кандидата до операторської діяльності з дистанційно-керованими пристроями.

У роботі наводяться структурні схеми та складові апаратної частини реалізованого засобу для психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв. Наведено блок схему алгоритму програмного забезпечення запропонованого засобу та методика його використання у зацікавлених організаціях.

Ключові слова: психофізіологічний відбір, дрібна моторика, оператор, інформаційна система, дистанційно-керований пристрій.

АННОТАЦІЯ

Макогон В. И. Метод и средство для психофизиологического отбора операторов дистанционно-управляемых устройств. – Квалификационная научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 «Биологические и медицинские приборы и системы». – Винницкий национальный технический университет, Винница, 2021.

Диссертация посвящена решению важной научно-практической задачи повышения эффективности отбора операторов дистанционно-управляемых устройств, которые сегодня находят широкое внедрение во многих отраслях народного хозяйства и государственных службах. К таким устройствам относятся беспилотные летательные аппараты, движущиеся платформы для исследования почв, работы саперы, роботы для работы на глубине и другие устройства. Для управления большинством таких устройств используется пульты дистанционного управления рабочие рычаги которых перемещаются большими пальцами обеих рук (флайстики), или кистью в целом (джойстики), а

контроль перемещения самого аппарата и его рабочих органов осуществляется через видеоканал. Большое количество таких устройств используется в средах где присутствие человека невозможно и существует повышенный уровень опасности. Такие условия эксплуатации дистанционно-управляемых устройств накладывает жесткие требования к оператору, поэтому отбор операторов для работы с такими устройствами являются одним из важных условий их успешного использования.

Обзор литературы показал, что на сегодняшний день отсутствуют специализированные методы и средства для отбора операторов дистанционно-управляемых устройств а к работе с такими устройствами допускаются лица вообще без отбора или лица отбор которых осуществлялся по одному или нескольким показателям без необходимого научно-методического основания.

В данной работе было построено психофизиологическую модель оператора дистанционно-управляемыми устройствами. На основе психофизиологической модели оператора дистанционно-управляемого устройства были избраны профессионально важные качества оператора устройств и избран тест Кеттелла для оценки психологической составляющей кандидата.

Экспертами по психологическому тестированию факторам опросника Кеттелла были присвоены веса важности и оптимальные сетпени владения каждым из факторов в соответствии с требованиями, предъявляемым к операторам дистанционно-управляемых устройств.

Для оценки пространственного мышления выбран метод Амтхауера. Для оценки мелкой моторики разработан метод основанный на анализе отклонения образцовых геометрических фигур и фигур которые были созданы с помощью пульта дистанционного управления радиоуправляемыми моделями и времени затраченного на выполнение этих задач.

Использование сенсоров кожно-гальванической реакции и фотоплетизмограммы во время тестирования позволяет нам оценить изменение физиологического состояния кандидата при тестировании и таким образом оценить его стрессоустойчивость. Для этого определяются физиологические показатели во время прохождения тестов психологической составляющей и мелкой моторики а разработана математическая модель позволяет определить взаимодействие психологической и физиологической составляющей.

Для получения заключения о пригодности кандидата к операторской деятельности построено нечеткую систему Сугено. Которая по результатам психологического и физиологического тестирования на основе базы знаний, полученной в результате экспертной оценки, позволяет получить четыре выходных лингвистические переменные о способности кандидата к операторской деятельности с дистанционно-управляемыми устройствами.

В работе приводятся структурные схемы и составляющие аппаратной части реализованного средства для психофизиологического отбора операторов дистанционно управляемых устройств. Приведены блок схема алгоритма

программного обеспечения предложенного средства и методика его использования в заинтересованных организациях.

Ключевые слова: психофизиологический отбор, мелкая моторика, оператор, информационная система, дистанционно-управляемое устройство.

ABSTRACT

Makogon V.I. Method and means for psychophysiological selection of operators of remotely controlled devices. – Qualifying scientific work on the rights manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences for specialty 05.11.17 "Biological and Medical Devices and Systems". – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2021.

The dissertation is devoted to solving important scientific and practical tasks to increase the efficiency of selection of operators of remotely controlled devices. Based on the information model of the remote-controlled device operator, professionally important qualities of the remote-controlled device operator were selected and the Cattell test was selected to assess the psychological component of the candidate. Amthauer's method was chosen to evaluate spatial thinking. To assess fine motor skills, a method was chosen based on the analysis of the deviation of exemplary geometric figures and figures that were created using a remote control of radio-controlled models and the time spent on these tasks. The use of skin - galvanic response sensors and photoplethysmogram during testing allows us to assess the change in the physiological state of the candidate during testing and thus assess its stress resistance.

To obtain a conclusion on the suitability of the candidate for operator activities, a fuzzy Sugeno system was constructed. According to the results of psychological and physiological testing on the basis of the knowledge base obtained as a result of expert evaluation, it is possible to obtain four initial linguistic variables about the candidate's ability to operate with remotely controlled devices.

The structural schemes and components of the hardware part of the realized means for psychophysiological selection of operators of remotely controlled devices are given in the work. The block diagram of the software algorithm of the offered means and a technique of its use in the interested organizations is resulted.

Key words: psychophysiological selection, fine motor skills, operator, information system, remote - controlled device.

Підписано до друку 27.08.2021 р. Формат 29,7x42 ¼

Наклад 100 прим. Зам. № _____.

Віддруковано в інформаційному редакційно-видавничому центрі

Вінницького національного технічного університету

м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 65-18-06

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.