

Вінницький національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МАКОГОН ВІТАЛІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 612.821

ДИСЕРТАЦІЯ

**МЕТОД І ЗАСІБ ДЛЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО ВІДБОРУ
ОПЕРАТОРІВ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ ПРИСТРОЇВ**

05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи
Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

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

_____ В.І. Макогон

Науковий керівник

Коваль Леонід Григорович,
кандидат технічних наук, доцент

Вінниця – 2021

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.

Дисертація присвячена розв’язанню важливої науково-технічної задачі підвищення ефективності психофізіологічного відбору персоналу а саме операторів дистанційно-керованих пристроїв. На сьогодні такий відбір або взагалі не здійснюється або для цього використовуються методи та засоби які не пристосовані для вирішення цієї задачі. Відсутність такого відбору приводить до збільшення часових та матеріальних витрат, адже часто навчання проводиться для осіб які за своїми психофізіологічними показниками не відповідають подібній діяльності.

На сьогодні існує велика кількість типів 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 облаштовані 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 витрачають значні ресурси на наукову роботу відповідного спрямування.

Одним з напрямів вирішення цієї задачі у більшості розвинених країн є професійний психофізіологічний відбір кандидатів на посаду оператора дистанційно-керованими пристроями у військові навчальні заклади, що готують фахівців для роботи з дистанційно-керованими пристроями такими

як безпілотні авіаційні комплекси, роботи сапери і т.д. як в мирний час, так і в бойових умовах. Також такий відбір здійснюється організаціями які здійснюють продаж та займаються підготовкою операторів дистанційно-керованих пристроїв для комерційного використання.

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.

У даній роботі здійснено огляд сучасних методів та засобів які можна використати у процесі відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв. Визначено їх недоліки та позитивні сторони. За результатами такого аналізу сформовано мету та завдання роботи.

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.

Вперше запропонована аторами психофізіологічна модель оператора дистанційно-керованих пристроїв дозволила розробити метод психофізіологічного відбору оператора який поєднує у собі психологічне тестування, визначення рівня дрібної моторики та стресостійкості.

Для реалізації методу розроблено апаратно-програмний засіб з використанням сучасної елементної бази та інструментів програмування. У якості пристрою для вимірювання рівня розвитку дрібної моторики обрано пуль дистанційного керування радіомоделями, адже подібними пультами керується більшість дистанційно-керованих пристроїв. Для визначення стресотійкості використовуються показники фотоплетизмограми та шкірогальванічної реакції отримані під час тестування психологічної складової та визначення рівня розвитку дрібної моторики.

Експериментальні дослідження розробленого методу та засобу показали, що у порівнянні з існуючими засобами, які більш орієнтовані на психологічні показники, визначення рівня дрібної моторики та стресостійкості дозволяє отримати результати на 10-12% кращі ніж у існуючих систем.

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.

В роботі отримано такі наукові результати.

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.

Обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій та достовірність результатів досліджень забезпечується коректним використанням математичних моделей, їх успішною апаратно-програмною

реалізацією та підтверджується експериментальними дослідженнями розробленого апаратно-програмного засобу

Практичне значення отриманих результатів.

Алгоритм процесу психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв, що реалізовує запропонований в роботі метод.

Апаратна частина 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.

Всі результати наукових і практичних досліджень, що увійшли до дисертаційної роботи, отримані і розроблені автором особисто. Особистий внесок здобувача в працях, написаних у співавторстві 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.

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.

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

ABSTRACT

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

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.11.17 "Biological and medical devices and systems". - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2021.

The dissertation is devoted to solving an important scientific and technical problem of increasing the efficiency of psychophysiological selection of personnel, namely operators of remote-controlled devices. To date, such selection is either not carried out at all or methods and tools are used that are not adapted to solve this problem. The lack of such selection leads to an increase in time and material costs, because training is often conducted for people who do not meet such psychophysiological indicators of such activities.

Today there are a large number of types of remote-controlled devices of different class and purpose. Structurally, they can be quite simple and require constant control by the operator, but can also be capable of fully automatic modes. The workplaces of the operators of such remotely controlled devices are equipped with various information display and control systems, taking into account the duration and content of possible missions.

World experience shows that the greatest difficulties in the use of remote-controlled devices are due to the human factor, so the world's leading countries spend significant resources on scientific work in this area.

One of the ways to solve this problem in most developed countries is the professional psychophysiological selection of candidates for the position of operator of remote-controlled devices in military schools that train specialists to work with remote-controlled devices such as unmanned aerial vehicles, sappers, etc. both in peacetime and in combat. Also, such selection is carried out by organizations that sell and train operators of remote-controlled devices for commercial use.

This dissertation research is aimed at solving the problem of psychophysiological selection of candidates for the position of operator of remotely controlled devices by creating a method and appropriate software and hardware for its implementation.

This paper reviews modern methods and tools that can be used in the process of selecting operators of remote-controlled devices. Their shortcomings and strengths are identified. According to the results of such analysis, the purpose and objectives of the work are formed.

The purpose of professional psychophysiological selection is to determine and assess the availability of a candidate for the position of operator of remote-controlled devices with the necessary qualities and abilities that will ensure his successful training and further effective activities. This goal can be achieved only if new models, methods and software and hardware are developed, which are practically absent today.

For the first time, the psychophysiological model of the operator of remotely controlled devices proposed by the authors allowed to develop a method of psychophysiological selection of the operator that combines psychological testing, determination of the level of fine motor skills and stress resistance.

To implement the method, a hardware and software tool was developed using a modern element base and programming tools.

Connection of work with scientific programs, plans, themes. The dissertation research was performed at the Department of Biomedical Engineering of VNTU, in particular within the framework of: state budget research "Creation of tactical reconnaissance unmanned aerial vehicles" № state registration 0117U000572; "Hardware and software complex of psychophysiological selection of operators of unmanned aerial vehicles and their information support in the process of professional activity" № state registration 0120U002206; economic contract №3007 - "Modernization of unmanned aerial vehicles" in which the applicant participated as a contractor.

The following scientific results are obtained in the work.

For the first time a psychophysiological model of the operator of remote-controlled devices was developed, the novelty of which is the definition and coordination of professionally important qualities of the operator, the level of development of fine motor skills, spatial thinking and stress resistance.

For the first time an automated method of psychophysiological selection of operators of remote-controlled devices is proposed, which by using a multilevel algorithmic structure to automate the selection process allows to assess the candidate's suitability for the position of remote-controlled operator with 87-90% reliability.

The mathematical model of the process of psychophysiological testing has been improved, which takes into account the psychological and physiological components and their interaction during psychological testing and determining the level of fine motor skills.

Substantiation of scientific positions, conclusions and recommendations and reliability of research results is provided by correct use of mathematical models, their successful hardware and software implementation and confirmed by experimental studies of the developed hardware and software

The practical significance of the results.

Algorithm of the process of psychophysiological selection of operators of remotely controlled devices, which implements the proposed method.

Hardware of the means of psychophysiological selection of operators of remote-controlled devices, which allows to determine the level of development of fine motor skills using the remote control, to carry out current control of skin galvanic response and photoplethysmogram during testing.

Software to automate the process of psychophysiological selection of operators of remote-controlled devices.

All the results of scientific and practical research included in the dissertation are obtained and developed by the author personally. The personal contribution of the applicant in the works written in co-authorship is as follows: in [1] the dissertation proposed one of the options for the implementation at the hardware level of the element of fuzzy logic with high speed; [2] - an assessment of the impact of glucose levels in human blood on the physical performance of human tissues, which can be used to assess the level of stress in the selection for the position of DCP operator; [3] - the process of organizing multilevel adaptive testing to diagnose the state of the cognitive sphere of the respondent in the tasks of professional selection, this approach allows you to deploy effective testing with minimizing the number of tasks; [4] - the article proposes a scheme and algorithm for selection of psychophysiological indicators of persons suitable for training as an operator of remote-controlled devices with an assessment of the level of fine motor skills of the hand, technical and spatial thinking, as well as the results of psychological testing; [5] - an information system for assessing the level of fine motor skills and stress assessment of operators of remote-controlled devices is considered; [7] - the work identifies the main professionally important qualities (PVY) to assess the suitability of the candidate to work with remote-controlled devices, based on the assessment of personal characteristics developed a fuzzy model of assessment according to the Mamdani scheme; [6] - describes the main types of parameters that characterize the human palm, which makes it possible to use these parameters in determining the stress resistance of operators of remote-controlled devices; [8] - an assessment of the impact of stress on heart rate; [9] - [11] - substantiation of the need to select operators of unmanned aerial vehicles; [12] - described psychological testing tools that can be used to select operators of unmanned aerial vehicles; [14] - a study of the effect of changes in blood glucose levels on human respiration and blood oxygen saturation; [15] - the dependence of the level of stress and motor response of a person is considered; [16] - proposed the use of a remote control for radio models to determine the level of development of fine motor skills.

The results of the dissertation work were implemented in the practical activities of the Private Enterprise "VINAEROGIS" (act of implementation from 15.12.2020), which increased the efficiency of personnel selection for work with remotely controlled devices and for work with a three-dimensional image.

The results of the work are also used in the educational process of the Department of Biomedical Engineering of Vinnytsia National Technical University (implementation act of 12.01.2021), which helped to improve the quality of teaching lecture material and conducting practical classes.

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

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ 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 «ХПИ»*, №21(1243), с. 135-143, 2017. (Index Copernicus)

[4] В. М. Кичак, С. М. Злепко, та 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, та 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, and 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, та 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>.

[8] S. Zlepko, V. Sierhieieva, O. Azarkhov, and 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, В. О. Гомолінський, К. І. Солоденко, та 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, та 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 Д. Х. Штофель, та 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. Штофел, Л. Г. Коваль, С. В. Костішин, та 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, С. В. Костішин, В. О. Гомолінський, та 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.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	15
ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ ПРИСТРОЇВ.....	23
1.1 Аналіз методів і засобів для оцінки психологічної складової та просторового мислення оператора ДКП.....	23
1.2 Аналіз тестів для визначення рівня розвитку дрібної моторики та стресостійкості.....	31
1.3 Методи оцінки просторового мислення	41
1.4 Використання нечіткої логіки в системах відбору персоналу.....	44
1.5 Аналіз існуючих систем для відбору кандидатів в оператори ДКП..	53
Висновки до 1 розділу.....	63
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ КАНДИДАТА ДЛЯ РОБОТИ З ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИМИ ПРИСТРОЯМИ	65
2.1 Вибір та характеристика інформативних ознак для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.....	65
2.2 Побудова психофізіологічної моделі оператора ДКП.....	67
2.3 Розроблення методу та алгоритму відбору кандидатів для роботи з ДКП.....	69
2.4 Визначення особистісних якостей та просторового мислення кандидата в оператори ДКП.....	73
2.5 Метод визначення рівня розвитку м'якої моторики кандидата в оператори ДКП.....	81
2.6 Визначення стресостійкості кандидата в оператори ДКП.....	84
2.7 Структурна схема процесу оцінювання придатності кандидата в оператори ДКП з використанням нечіткої логіки.....	94
2.8 Розроблення розробка процесу відбору оператора ДКП на основі нечіткої логіки.....	97
Висновки до 2 розділу.....	104

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО

ЗАСОБУ (АПЗ) ДЛЯ ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ДКП.....106

3.1 Організація бази даних апаратно-програмного засобу для відбору операторів ДКП.....106

3.2. Побудова процедури тестування.....109

3.3. Розробка програмного забезпечення засобу відбору операторів ДКП112

3.4 Структурна схема апаратної частини засобу для відбору операторів ДКП.....115

3.5 Реалізація складових частин апаратної частини комплексу.....117

Висновки до 3 розділу.....129

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБУ

ВІДБОРУ КАНДИДАТІВ В ОПЕРАТОРИ ДИСТАНЦІЙНО-

КЕРОВАНИХ ПРИСТРОЇВ130

4.1 Статистичний аналіз результатів експериментальних досліджень..130

4.2 Порівняння розробленого засобу з аналогами.....137

4.3 Рекомендації по складенню методики психофізіологічного відбору кандидатів в оператори ДКП.....141

Висновки до 4 розділу.....145

ВИСНОВКИ.....147

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ149

ДОДАТКИ

Додаток А Список опублікованих праць за темою дисертації.....161

Додаток Б Впровадження результатів роботи у навчальний процес...163

Додаток В Впровадження результатів роботи на підприємстві.....164

Додаток Г Таблиця результатів опитування експертів для визначення психологічної складової165

Додаток Д Таблиця відповідності системи нечіткого логічного висновку.....166

Додаток Ж Технічні характеристики мікроконтролера STMF4.....168

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АПЗ	Апаратно-програмний засіб
АПЗВО	Апаратно-програмний засіб відбору операторів
БПЛА	Безполотний літальний апарат
ДДО	Диференціально-діагностичний опитувальник
ДКП	Дистанційно-керований пристрій
ЕАШ	Електрична активність шкіри
ЕМГ	Електроміограма
ЕКГ	Електрокардіограма
ЕУ	Екстремальні умови
ЗС	Збройні сили
КРК	Коефіцієнт рангової кореляції
ОВС	Органи внутрішніх справ
ПВЯ	Професійно-важливі якості
ПЗ	Програмне забезпечення
ПК	Периферичний кровотік
ПС	Психологічна стійкість
ПФС	Психофізіологічний стан
РО	Робоча область
РТ	Рівень тремору
ТС	Технічна система
ФС	Функціональний стан
ЧСС	Частота серцевих скорочень
ШГР	Шкірно-гальванічна реакція
ШГО	Шкіро-гальванічний опір

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження. Технічний прогрес, у всьому світі, сприяє зниженню вартості та спрощенню систем керування дистанційно-керованими пристроями(ДКП) які активно впроваджуються в армію у всіх розвинених країнах. ДКП широко впроваджуються у сільське господарство та інші галузі народного господарства багатьох країн світу. На сьогодні розроблено велику кількість ДКП 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 ДКП облаштовані різноманітними системами відображення інформації та управління, з урахуванням тривалості та змісту можливих місій.

Світовий досвід показує, що найбільші труднощі при використанні ДКП 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 ДКП та ситуаційного формування експлуатаційних практик у відповідності з поточним баченням їх доцільності в широкому спектрі завдань застосування ДКП.

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

Одним з напрямів вирішення цієї задачі є професійний психофізіологічний відбір кандидатів на посаду оператора ДКП у військові навчальні заклади, що готують фахівців для роботи з ДКП 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 ДКП для комерційного використання.

Мета професійного психофізіологічного відбору полягає в тому, щоб визначити і оцінити наявність у кандидата на посаду оператора ДКП необхідних якостей і здібностей, які забезпечать йому успішне навчання і подальшу ефективну діяльність оператором ДКП.

Досягти поставленої мети можна тільки за умов створення інформаційних систем і технологій, програмно-технічних засобів, методів і моделей, які на сьогодні практично відсутні.

Відсутність програмно-технічних комплексів об'єднаних в єдиний технологічний ланцюг, що забезпечує збір, зберігання, обробку і розповсюдження інформації, який складає сутність сучасної інформаційної технології не дозволяє успішно вирішити існуючу проблему, а саме – забезпечити шляхом психо-фізіологічного відбору формування навчальних або тренувальних груп з мінімальною кількістю осіб непридатних до діяльності на посаді оператора ДКП

Дане дисертаційне дослідження спрямовано саме на вирішення задачі психофізіологічного відбору кандидатів на посаду оператора ДКП шляхом створення методу і відповідної інформаційної системи.

Об'єкт дослідження – процес психофізіологічного тестування і відбору кандидатів на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв.

Предмет дослідження – метод психофізіологічного тестування і відбору операторів 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.

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 статі 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 стресостійкості 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.

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 Copernicus), 6 матеріалів та тез доповідей на наукових конференціях; 3 патенти України. Загальна кількість публікацій у міжнародній наукометричній базі даних Scopus – 1.

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;

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.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ ПРИСТРОЇВ

У даному розділі проведемо аналіз існуючих на сьогодні методів та технічних засобів які дозволяють здійснювати психофізіологічний відбір операторів дистанційно-керованих пристроїв. Наведено методи, засоби та системи для визначення психологічної компоненти та стресостійкості кандидата в оператори дистанційно-керованих пристроїв. Визначимо їх актуальність та відповідність сучасним вимогам, що виставляються до психологічного тестування та стресостійкості при відборі на посаду оператора ДКП.

1.1 Аналіз методів і засобів для оцінки психологічної складової та просторового мислення оператора ДКП

Розглянемо вимоги до психологічного портрету оператора дистанційно-керованих пристроїв та проведемо аналіз існуючих систем тестування які дозволяють оцінити психологічні особливості кандидата в оператори ДКП.

1.1.1 Вимоги до психологічного портрету оператора дистанційно-керованих пристроїв.

На початку ХХ з'явився інтерес у психологів та громадських діячів до питання правильного вибору професії, тобто уже в той час було поставлено питання про професійний відбір кадрів.

Вивчення проблеми відповідності людини до професійної діяльності було розпочато в 50-ті роки в зв'язку з необхідністю професійного навчання людей різним видам робіт які мають стресогенний характер [1].

Безумовно до робіт які мають стресогенний характер відносяться і роботи які виконуються дистанційно-керованими пристроями. Адже більшість

із них працюють у небезпечних умовах, або виконують інші роботи з високим рівнем ризику для оточуючих чи самого обладнання (роботи-сапери, безпілотні літальні апарати, підводні роботи і т.д.)

На сьогодні, на жаль, в Україні відсутні засоби та методики відбору персоналу для таких робіт. Про необхідність впровадження та використання відбору персоналу для роботи з такими пристроями постійно наголошується у періодичних виданнях України. Як приклад у праці [2] ґрунтується необхідність професійного добору операторів БПЛА. У цій праці вказується, що особи які не мають достатніх здібностей до певного виду діяльності, не тільки вимагають більше часу за інших та з більшими труднощами опановують операторську діяльність, але й працюють гірше за інших, частіше роблять помилки та прорахунки, стають винуватцями аварій і помилкових виконань завдань, неефективного використання наявних матеріальних цінностей і в цілому мають меншу надійність в роботі. Тому доцільно витрачати сили, час та кошти саме на відбір кандидатів на навчання а не навчання людей, віддача від яких буде мінімальною.

Розглянемо детальніше ДНАОП 0.003-8.06-94 [3] у якому наводиться перелік робіт де є потреба у професійному відборі. Цей документ датований 1994 роком, у той час дистанційно-керовані пристрої були в одиничних екземплярах і не мали широкого застосування на території України. У цьому переліку є роботи які відповідають діяльності оператора дистанційно-керованих пристроїв. Розглянемо основні пункти які відповідають діяльності оператора дистанційно-керованих пристроїв та психофізіологічні показники для професійного відбору.

Пункт 6 [3] – Роботи пов’язані з застосуванням вибухових матеріалів, роботи з вибухо – та вогнебезпечних виробництвах мають наступні психофізіологічні показники для професійного добору:

- 1) сенсомоторні реакції;
- 2) увага;
- 3) швидкість переключення уваги;

- 4) пам'ять зорова та слухова;
- 5) емоційна стійкість та почуття тривоги;
- 6) втома;
- 7) недбалість.

Пункт 8 [3] – Аварійно-рятувальні роботи та роботи по гасінню пожеж мають наступні психофізіологічні показники для професійного відбору:

- 1) сенсомоторні реакції;
- 2) реакція на об'єкт, який рухається;
- 3) увага;
- 4) швидкість переключення уваги;
- 5) емоційна стійкість та почуття тривоги;
- 6) стійкість до впливу стресів;
- 7) орієнтація в просторі;
- 8) втома;
- 9) здатність приймати рішення та дії в екстремальних умовах.

Пункт 9 [3] – Роботи пов'язані з управлінням наземним, підземним, повітряним та водним транспортом мають наступні психофізіологічні показники для професійного відбору:

- 1) сенсомоторні реакції;
- 2) реакція на об'єкт, який рухається;
- 3) увага;
- 4) швидкість переключення уваги;
- 5) пам'ять зорова та слухова;
- 6) емоційна стійкість та почуття тривоги;
- 7) стійкість до впливу стресів;
- 8) орієнтація у просторі;
- 9) втома;
- 10) здатність приймати рішення та дії в екстремальних умовах;
- 11) стійкість до монотонії.

Пункт 10 [3] – Роботи пов'язані з нервово-емоційним напруженням

(авіадиспетчери, диспетчери по управлінню рухом залізничного транспорту, оператори енергетичних систем) мають наступні психофізіологічні показники для професійного відбору:

- 1) сенсомоторні реакції;
- 2) увага;
- 3) швидкість переключення уваги;
- 4) пам'ять зорова та слухова;
- 5) стійкість до впливу стресів;
- 6) втома;
- 7) здатність приймати рішення та дії в екстремальних умовах.

Велика увага відбору майбутніх операторів дистанційно-керованих пристроїв приділяється і за кордоном. Зокрема у праці [4] при оцінці операторів безпілотних літальних апаратів використовувались наступні психологічні показники які впливають на ефективність діяльності оператором ДКП:

1) невротизм - загальна схильність до переживання негативних емоцій (наприклад тривоги, ворожості, часті депресії) та загальна сприйнятливність до психологічних переживань та імпульсивності;

2) екстраверсія - загальний інтерес до соціальних подій, групової діяльності та переживань і загальні вираження товариськості, напористості та оптимізму;

3) відкритість - гнучкість при мисленні та поведінці, уважність до внутрішніх почуттів оточуючих, готовність розвивати нові ідеї та цінності;

4) доброзичливість - загальні міжособистісні тенденції щодо альтруїзму, довіри, прямотинійності, зацікавленість уникати конфліктів, конкурентоспроможність;

5) добросовісність - загальний рівень інтересу до планування, організації та порядку вирішення завдань, самодисципліни та компетентності.

Наводяться дані щодо достовірної кореляції між показником за шкалою «Доброзичливість» опитувальника NEO та мірою дотримання засад

рекомендованої Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO) концепції CRM (Crew Resource Management - Управління Екіпажними Ресурсами) в екіпажній поведінці [5].

У праці [5] також вказується, що при проведенні оцінки професійної психологічної придатності пілотів та операторів БПЛА важливо прийняти до уваги як когнітивні та психомоторні здібності, так і особистісні риси. З метою оцінки когнітивних здібностей як пілотів, так і операторів БПЛА, у світовій практиці широко використовується тестова батарея CogScreen - AE. Ця комп'ютеризована батарея когнітивних тестів скринінга була розроблена для Федеральної авіаційної адміністрації США в якості інструмента для оцінки професійної придатності пілотів. Підбір тестів для CogScreen – AE був заснований на аналізі існуючих пізнавальних та психомоторних завдань польоту. Зведемо наведені дані у табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Основні психологічні вимоги до операторів дистанційно-керованих пристроїв

Психологічний показник	Коротка характеристика психологічного показника
Сенсомоторні реакції	Дії людини, що викликаються відчуттями які сприймаються органами чуттів. Можуть бути прості і складні.
Увага	Свідомо концентрація мислення на одному об'єкті
Швидкість переключення уваги	Свідоме переміщення уваги з одного об'єкта на інший
Пам'ять зорова та слухова	Зорова (образна, фотографічна) пам'ять — це здатність фіксувати, зберігати, відображувати й використовувати різну візуальну інформацію, отриману у вигляді зорового образу, деталі якого не завжди можливо описати вербально (за допомогою слів).

Продовження табл. 1.1

Емоційна стійкість та почуття тривоги	Емоційна стійкість розглядається як здатність пригнічувати емоційні реакції, тобто сила волі, що проявляється в терплячості, наполегливості, самоконтролі, витримці, що ведуть до стабільності ефективності діяльності).
Втома	Сукупність змін у фізіологічному та психологічному стані людини, що носять тимчасовий характер, та які з'являються внаслідок напруженої і(або) тривалої праці і приводять до погіршення її кількісних і якісних показників
Недбалість	Передбачає відсутність усвідомлення особою небезпеки своєї діяльності або непередбачення її наслідків

1.1.2 Існуючі психологічних тести для визначення рівня відповідності кандидата на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв

На сьогодні основними методами відбору є: співбесіда(інтерв'ю), аналіз документів, тестування. Кожний підхід має свої недоліки та переваги. Найбільш поширеним методом відбору є співбесіда. Однак співбесіда має ряд недоліків, які знижують її ефективність як інструменту відбору персоналу. На сприйняття кандидата впливають його фізична привабливість, одяг, манера розмови та інші фактори які викликаються суб'єктивними поглядами особи яка проводить співбесіду. Для зменшення суб'єктивності бажано використовувати в якості рекомендованого результат, отриманий з допомогою комп'ютерної технології.

На даний час існує велика кількість тестів для визначення психологічних особливостей особистості. Такі тести у більшості випадків реалізовані у вигляді програмних додатків або комплексів які дозволяють автоматизувати процес проведення, оцінювання та зберігання результатів тестування.

Особа відповідальна за тестування у певній організації має можливість вибору психологічних тестів та комплексів відповідно до своїх потреб.

За останні роки в Україні створені та впроваджені автоматизовані психодіагностичні комплекси відбору персоналу для різних професій різних виробників. Найбільш близькою за набором психологічних тестів та методів для відбору операторів ДКП є система психологічної діагностики «Лідер-1»[6]. Вона містить наступні методики:

- БОО “Адаптивність -200”;
- методика експрес діагностики властивостей нервової системи (теппінг-тест);
- методика виявлення комунікативних та організаторських схильностей (КОС-2);
- методика “Лідерські якості”;
- методика діагностики самооцінки психічних станів (адаптований варіант методики Г.Айзенка);
- методика діагностики мотивації Т.Елерса;
- методика діагностики типу поведінкової активності Вассермана і Гуменюка;
- диференційно-діагностичний опитувальник (ДДО) Є.О.Климова.

Великі можливості по проведенню психологічного тестування має також програмний психодіагностичний комплекс «Професійний відбір» [7] призначений для проведення професійного психологічного відбору для військовослужбовців. Данний комплекс має велику кількість психологічних тестів, основні з яких такі:

- тест Шмішека;
- тест Адаптивність;
- тест Равена;
- тест Люшера;
- тест Мотивації;
- тест Кеттелла;

- тест Адаптивність200;

та інші найбільш поширені при професійному відборі тести [7] .

Процедура проведення професійного психологічного відбору військовослужбовців ґрунтується на оцінці рівня професійної придатності, професійної працездатності і складається з кількох етапів (див. рис. 1.1) [7].

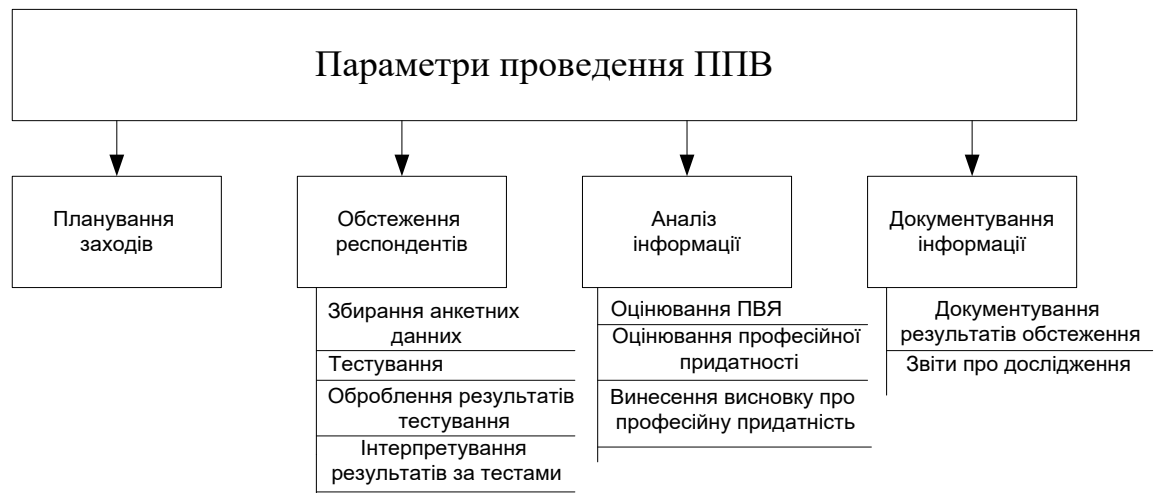


Рисунок 1.1 – Основні етапи автоматизації професійного психологічного відбору

Зображені на рис. 1.1 етапи зазвичай рознесені у часі, а також мають свою чітко визначену мету і структуру. В першу чергу необхідно спланувати діяльність спеціалістів із психологічного і психофізіологічного обстеження. Робота з конкретними респондентами розпочинається із процесу збирання особистої та психологічної інформації шляхом вивчення документів, анкетування, тестування кандидатів, проведення бесід з ними тощо. Наступний етап призначений для аналізу зібраної інформації та для оцінки рівня розвитку професійно-важливих якостей і формування заключного висновку щодо професійної придатності кандидата у цілому. Після цього відбувається документування результатів обстежень і підготовка звітів [7].

1.2 Аналіз тестів для визначення рівня розвитку дрібної моторики та стресостійкості

Висока актуальність відбору та навчання операторів дистанційно-керованих пристроїв підтверджується зростанням кількості наукових праць на цю тематику у розвинених країнах. Зокрема у праці [8] наводяться вимоги, що стосуються кваліфікації пілота, оператора безпілотних літальних апаратів(БПЛА) які висуваються авіаційними органами США, Великобританії, Китаю. Значна увага приділяється людському фактору та показникам фізіологічного здоров'я які є важливими для відбору та навчання пілотів БПЛА.

Для ефективної роботи оператора ДКП, крім психологічних важливим показником є також рівень розвитку дрібної моторики, адже у більшості пультів керування ДКП використовуються важелі, які керуються великими пальцями рук(флайстіки) або аналоги штурвалів з великою кількістю перемикачів. Система «Лідер -1» має у своєму складі лише теппінг-тест, який призначений для оцінки нервової системи але не дозволяє оцінити рівень дрібної моторики. Вроджені вади, травми, нервові хвороби та інші фактори можуть призводити до порушень дрібної моторики. Тому своєчасне виявлення осіб з порушеннями дрібної моторики дозволить відбирати більш здібних до роботи з дистанційно-керованими пристроями осіб, що особливо актуально коли зростає рівень відповідальності оператора та складності виконуваних місій.

1.2.1 Методи та засоби для визначення рівня розвитку дрібної моторики

Для керування рухомою платформою та корисним навантаженням використовуються пульти керування у яких основними органами керування є важелі, які керуються великими пальцями руки(флайстіки) або всією кистю(джойстики).

Ефективна робота оператора з важелями керування можлива лише при високому рівні розвитку у оператора дрібної моторики.

На даний час для визначення дрібної моторики використовуються застарілі методики, які ґрунтуються на оцінюванні маніпулювання дрібними предметами [51]. Як приклад можна розглянути тест маніпулювання з дрібними предметами Кроуфорда. Під час проходження такого тесту необхідно здійснювати такі операції як розміщення штирів у отворах та нанизувати на них мініатюрних кілець, інша частина тесту передбачає закручування гвинтів малих розмірів у отвори з різьбою. Для такого тестування необхідна наявність спеціального обладнання, його проведення та подальша обробка результатів важко піддається автоматизації. Тому для тестування дрібної моторики створюються інші тести з використанням комп'ютерної техніки.

За кордоном значна увага приділяється автоматизації вимірювань дрібної моторики, як приклад можна навести роботу [9] у якій автори для вимірювання дрібної моторики використовують планшет із сенсорним екраном.

Комп'ютеризований метод вимірювання швидкості реакції та точність моторики пальців рук запропоновано в праці [10], [51]. Даний метод передбачає виконання графічних завдань за допомогою комп'ютерної миші та в подальшій оцінці точності і швидкості виконання завдань. Крім того є варіанти завдань які передбачають натискання різних кнопок миші при певних обставинах(зміні кольору цілі), які дозволяють оцінити швидкість прийняття рішень та їх реалізації. Така методика тестування не відповідає вимогам, які висуваються до операторів дистанційно керованих пристроїв адже маніпулятори типу комп'ютерної миші у них майже не використовуються, тому, результати такого тестування невідображають моторику, яка задіяна при роботі з джойстиками або флайстіками.

В праці [11], [51] запропонований інший пристрій для виміру психофізіологічних параметрів, який складається з пульта з розміщеними на

ньому індикаторами, програмного блоку, блоку реєстрацій й блоку пам'яті; Особливістю цього пристрою є його конструктивне виконання, що дозволяє скоротити час визначення здатності людини до розподілу й перемикання уваги. Недоліком такого пристрою є відсутність блоку для аналізу дрібної моторики оператора.

В праці [12] запропонований інший спосіб діагностики дрібної моторики руки, який ґрунтується на натисканні рукою на клавіші клавіатури комп'ютера і подальшу обробку характеристики рухової активності, причому натискання виконують серіями субтестів, які включають натискання пальцями кожної руки окремо, пальцями обох рук одночасно в звичайному і перехрещеному положеннях і реєструють часові і кількісні показники цих натискань. Діагностичний висновок роблять за результатами порівняння отриманих числових значень з нормою.

Такий спосіб спрямований на фіксацію кількості натискань пальцями рук та сискинезій, і обробку результатів рухової активності, що не дозволяє точно визначити рівень розвитку дрібної моторики рук.

В праці [13] запропоновано метод оцінки визначення дрібної моторики, який включає в себе виконання серії субтестів на цифровому графічному планшеті, для кожної руки окремо, подальшу обробку характеристик рухової активності, при якій реєструють час виконання кожного завдання та його тривалість. Як субтести вибираються інтерактивні лінійні та нелінійні шаблони завдань траєкторій, динамічний тест з рухомими фігурами та вводяться процедури аналізу сили натиску цифровим бездротовим пером на поверхню цифрового графічного планшета, реєстрації кількості технічно правильно та некоректно виконаних і пропущених завдань, відхилення експериментальної довжини ліній від еталонної, розрахунку показників точності тестування та рівня розвитку рухових навиків.

Недоліком цього способу є обмежені функціональні можливості які обумовлені тим, що при визначенні точності виконання завдань недостатньо уваги звертається на час виконання завдань та фіксацію максимального

відхилення отриманих та заданих траєкторій завдань, утримування цифрового бездротового пера передбачає його фіксацію кількома пальцями одночасно, це приводить до того, що оцінюється дрібна моторика лише для кисті в цілому. Оскільки в пультах дистанційного керування радіомоделями основними органами керування є важелі, переміщення яких здійснюється великими пальцями руки, то вище описаний спосіб не дозволить оцінити особливості дрібної моторики рук, які необхідні для оператора дистанційно – керованих пристроїв.

1.2.2 Поняття «стрес» та обґрунтування необхідності оцінки стресостійкості для операторів ДКП

Протягом тривалого часу у наукових колах тривала дискусія щодо визначення, що ж таке стрес. Нарешті у 1972 році Всесвітньої організація охорони здоров'я прийняла таке визначення: стрес – це неспецифічна(тобто одна і та сама на різні подразники) реакція організму на будь яку висунуту до нього вимогу. Стрес – це відповідь на загрозу реальну чи уявну [14].

Дистанційно-керовані пристрої використовуються для виконання завдань з високим рівнем ризику. Виконання таких завдань вимагає психологічної стійкості оператора при роботі у стресових ситуаціях.

Стрес здійснює вплив на психологічні та фізіологічні процеси у організмі людини [14]. Під впливом стресу прискорюється пульс, відбуваються зміни шкіряно-гальванічної реакції, зміни в діяльності відділів головного мозку, з'являється відчуття спраги, сухості, підвищується артеріальний тиск, змінюються частота і ритм серцевих скорочень, показники температури тіла, зіничний рефлекс, показники електроенцефалограми, електроокулограми, електроміограми. Порушення психосоматики також виявляються в напруженні м'язів, тремтінні рук, зміні ритму дихання, тремтінні голосу, порушенні мовних функцій, характеристик почерку. Спостерігаються також зміни в координації і точності рухів, гостроті зору,

абсолютного й диференційного порогів світлової чутливості, часі сенсомоторних реакцій, зокрема, реакцій на рухомий об'єкт. Поведінка характеризується переважанням стереотипних відповідей, неадекватними діями. Поведінкові ознаки стресу виявляються в порушенні режиму дня, соціально-рольових функцій. Також, мають місце непередбачуваність вчинків, погрози рішучих, але не виправданих обставинами дій, зміна вектора відповідальності й перекладання провини на інших. При сильній емоційній напрузі в першу чергу дезорганізуються більш складні форми цілеспрямованих дій, їх планування, оцінка та передбачення. В емоційній сфері можуть спостерігатися погіршення самопочуття, тривожність, страх, панічні переживання, ознаки депресії. Крім того, властиві людині негативні емоції (агресивність, ворожість) стають більш вираженими [15].

У роботі [16] приведено результати огляду наукової літератури який показує, що вивчення стресу відноситься до однієї з трьох груп, які представляють основні підходи до проблеми його визначення. Ці підходи обговорювалися різними авторами, такими, як Лазарус (1966), Еплі і Трамблері (1967), Левіне і Скот (1970), Кокс (1975). Досить обґрунтовану модель стресу запропонував Лейман (див. рис.1.2) [16]. Перший підхід трактує стрес як залежну змінну, визначаючи її як відповідь організму на оточення, що його турбує, або таке, яке є для нього шкідливим. Другий підхід описує стрес з точки зору стимулюючих впливів цього тривожного чи шкідливого середовища і таким чином вважає стрес незалежною змінною.

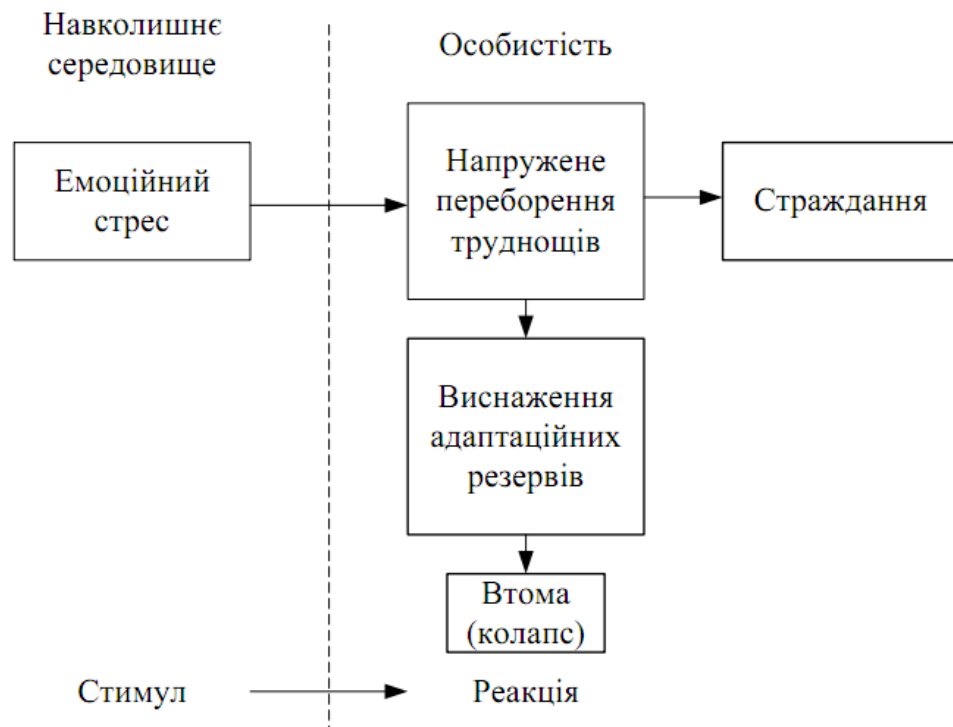


Рисунок 1.2 – Модель стресу (термінологічна) Леймана

Третій і, мабуть, найбільш точний підхід розглядає стрес як відповідну реакцію на відсутність «відповідності» між особистістю і середовищем. В цій формі стрес вивчається з точки зору взаємодії попередніх йому факторів і його наслідків (рис. 1.3) [16].

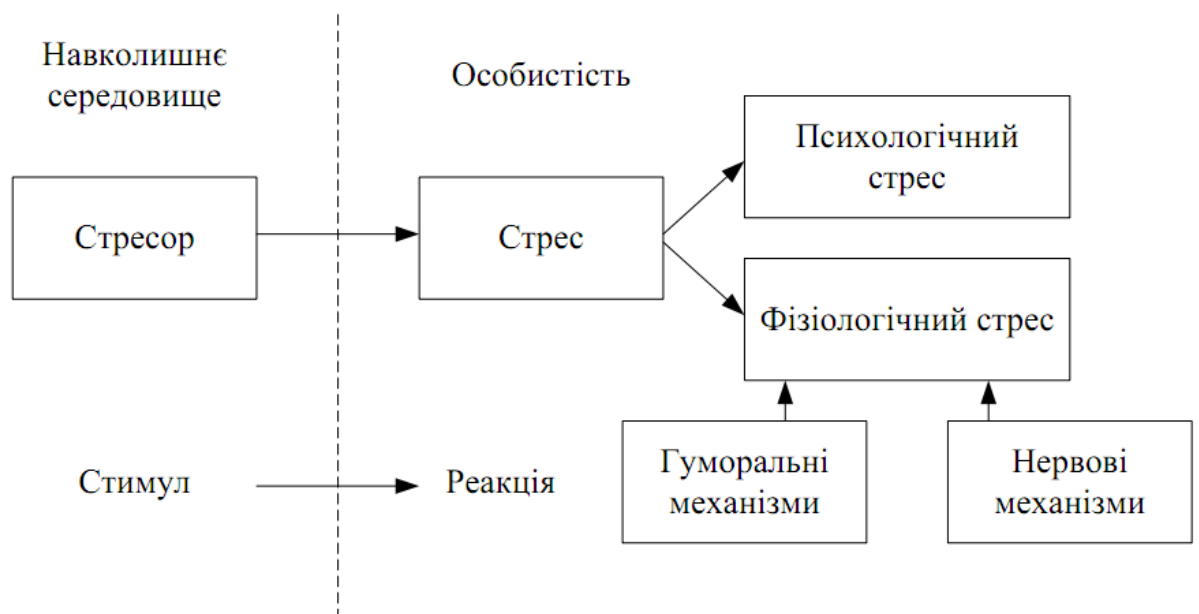


Рисунок 1.3 – Модель стресу, яка основана на реакціях – відповідях

Із цих двох моделей стресу можна зробити такі важливі висновки:

- 1) вплив навколишнього середовища приводить до стресу який запускає психологічні та фізіологічні реакції у відповідь на зовнішній вплив;
- 2) для формування адекватної відповіді на зовнішній вплив використовуються обмежені внутрішні резерви організму;
- 3) при відсутності вчасного та повноцінного відновлення внутрішніх резервів настає виснаження адапційних резервів, розвивається втома;
- 4) наростання втоми приводить до неможливості адекватної психологічної та фізіологічної реакції на зовнішній вплив.

При проведенні психофізіологічного відбору в оператори ДКП необхідно визначити чи має кандидат необхідні психічні та фізіологічні резерви організму для виконання завдання у стресових ситуаціях. Для цього під час професійного відбору необхідно оцінити його стресостійкість.

1.2.3 Методи і засоби для визначення емоційного стресу у кандидатів в оператори ДКП

Розвиток медицини на сучасному етапі дозволяє вимірювати величезну кількість фізіологічних показників людського організму. Вплив стресу на організм по різному проявляється на різних системах та органах людини. Серед великої кількості наукових робіт на цю тему можна виділити роботу [16].

Наведемо методи визначення стресу у вигляді рис. 1.4 який наведено у роботі [16]

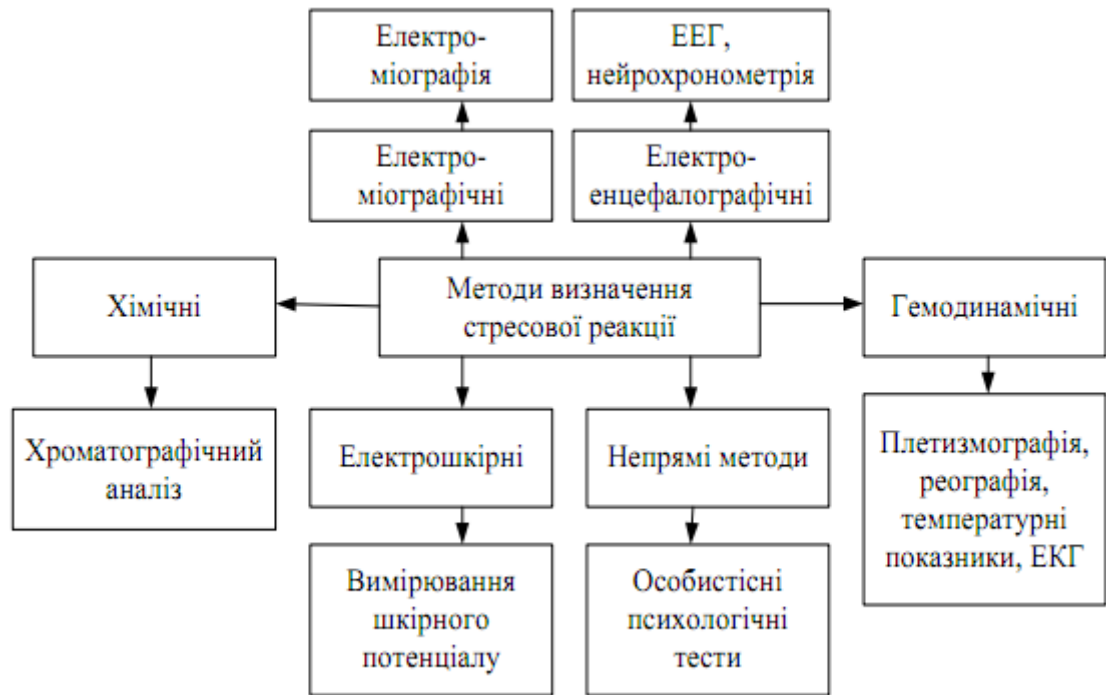


Рисунок 1.4 – Методи визначення стресу

Для використання під час тестування кандидатів в оператори ДКП доцільно використовувати електроміографічні, гемодинамічні та електрошкірні методи визначення стресових реакцій.

У роботі [16] наводиться наступний опис цих методів визначення стресу.

Електроміографічні (ЕМГ) вимірювання стресової реакції засновані на оцінці впливу стресової реакції на поперечно-смугасту мускулатуру. Електроміографічне вимірювання є методом визначення м'язового напруження, при якому вимірюють електрохімічну активність нервів, які інервують даний поперечно-смугастий м'яз. Практична перевага використання ЕМГ для реєстрації стресової реакції полягає в доступності для вимірювання м'язових груп [16].

Основними гемодинамічними критеріями оцінки емоційного стресу є периферичний кровотік (ПК) і частота серцевих скорочень (ЧСС) [17]. ПК визначають за допомогою методу плетизмографії, яка направлена на оцінку об'єму крові, що циркулює в досліджуваній анатомічній області. Об'єктами

плетизмографічних вимірювань є пальці рук та ніг, гомілки і передпліччя, при стресовій реакції об'єм крові в цих місцях зменшується. Це явище розглядається як наслідок прямої нервової імпульсації, яка викликає ефект звуження кровоносних судин [16].

На теперішній час існує ряд способів і пристроїв, в яких зроблені спроби здійснити вимірювання емоційного стресу. Одним із способів являється визначення ЧСС яку визначають методом оптичної плетизмографії чи електрокардіографії (ЕКГ).

До електрошкірних способів вимірювання стресової реакції відноситься оцінка впливу стресу на електричні характеристики шкіри. Метод вимірювання стресової реакції оснований на впливі шкірно-гальванічного опору (ШГО), який характеризується використанням слабкого електричного струму між двома електродами на поверхні шкіри. В цій системі шкіра функціонує як електричний опір [16].

Останнім часом появилися нові перспективи для прогнозування стресових реакцій з використанням методів математичного аналізу варіабельності серцевого ритму. Основоположник цього напрямку в нашій країні Р.М. Баєвський [18] відзначає, що використовуючи спектральні характеристики серцевого ритму для індикації активності різних контурів керування, можна підійти до вирішення завдання оцінки і прогнозування функціонального стану організму при інформаційних навантаженнях. Отримані в результаті лабораторного моделювання дані надалі піддаються математичній обробці.

У роботі [16] зазначається, що одним із перспективних методів оцінки стану центральної нервової системи, що не потребує значних витрат, є дослідження електричного опору шкіри. Під дією больових відчуттів, нервово-психічного напруження, різних аферентних подразників (звук, світло) спостерігаються різкі зміни в електричному опорі шкіри, що супроводжуються появою швидких коливань, які отримали назву шкірно-гальванічної реакції (ШГР). ШГР є вельми точним показником сенсорного і розумового

збудження, що і дозволило визначити його для оцінювання рівня емоційного стресу. Іноді, в літературі можна зустріти дещо інші терміни, що характеризують цей процес, такі як шкірно-гальванічний опір (ШГО), електрична активність шкіри (ЕАШ), ШГР має дві складові – тонічну і фазичну, яка найчастіше використовується для оцінювання психічних процесів за амплітудою і латентним періодом. Форма фазичної складової (рис. 1.5) дає можливість врахувати такі діагностично-цінні показники, як час наростання і час спаду реакції.

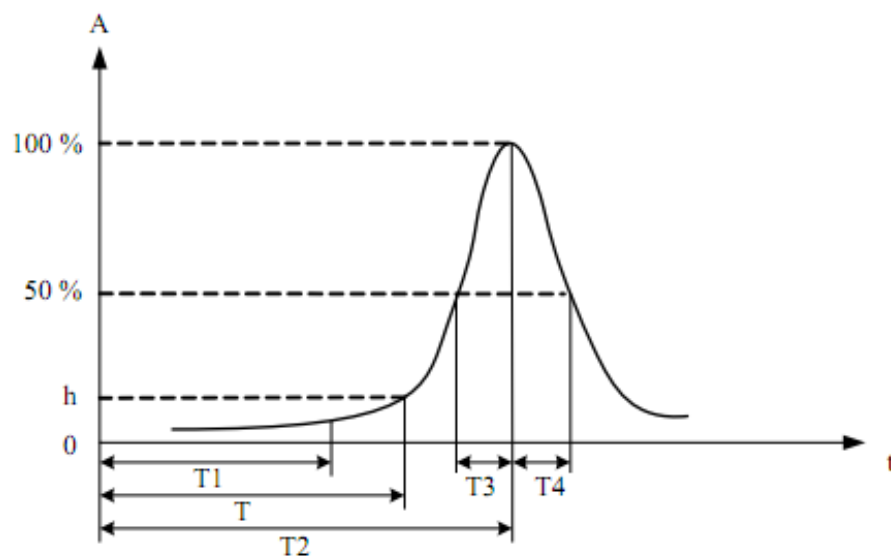


Рисунок 1.5 - Фазична складова сигналу ШГР

Із рисунка 1.5 видно, що сигнал ШГР оцінюється такими параметрами:

- $T = 3\text{--}1,5(\text{с})$ – латентний період (від моменту подачі подразника до моменту появи реакції);
- $T_2 = 6\text{--}3(\text{с})$ – період від моменту подачі подразника до максимальної амплітуди сигналу;
- $T_3 = 1,5\text{--}0,5(\text{с})$ – період наростання реакції від 50 % до 100 % амплітуди сигналу;
- $T_4 = T_2 - 2 \cdot T_3 (\text{с})$ – латентний період T (виміряний непрямым шляхом);
- A – амплітуда сигналу в мВ або %;

– h – поріг появи реакції (визначення латентного періоду реєстрації сигналу).

1.3 Методи оцінки просторового мислення

Просторовим мисленням будемо називати комплекс таких психічних особливостей людини людини, завдяки яким вона має можливість уявно відтворювати образи предметів, що спостерігались раніше та збережені у пам'яті, або створювати абсолютно нові, наприклад, архітектурні об'єкти та форми в уяві, надаючи при цьому їм певних якостей. До психофізіологічних властивостей, які створюють психічний процес просторового уявлення можна віднести [19]: пам'ять; увагу; мислення; логіку; сприйняття; уяву; інтелект. Усі перелічені вище властивості людини однаково потрібні для формування просторової уяви та є взаємопов'язаними частинами одного цілого.

У роботі [20] зазначено, що практична роль просторової уяви визначається її елементами, що пов'язані між собою у просторі та часі. Складемо їх перелік, вибравши основні. Знову зазначимо, що вони не можуть складати рейтингу, оскільки у кожній задачі або тесті на просторову уяву мозок застосовує необхідні елементи для певного завдання, тоді як для іншого завдання елементи просторової уяви можуть змінюватися. Наведемо елементи просторової уяви:

- уявлення геометричного вигляду або конфігурація елементу в уяві;
- положення та розташування фігури у просторі та оперування нею;
- надання смислового наповнення об'єкту для запам'ятовування;
- вимірювання величини та розмірів фігури у просторі;
- фіксація змін фігури у просторі;
- швидкість фіксації;
- надання уявній фігурі фактури та текстури;
- використання кольору.

Оскільки тести на просторову уяву різні, то і застосування її елементів у кожному з тестів буде відрізнятись. Для доведення цієї думки проаналізуємо два відомих тести, представлені в табл. 1.2 [21].

Таблиця 1.2 – Порівняння тестів на використання елементів просторової уяви

Тест Амтхауера	Тест на ортогональну проекцію
<i>Комплексний тест для оцінки рівня інтелектуального розвитку, зокрема, просторової уяви та здатності оперування уявними об'єктами.</i>	<i>Тест на основі просторових відношень, полягає у виборі третьої ортогональної проекції за двома заданими та наочним зображенням.</i>
Уявлення геометричного вигляду або конфігурації елементу в уяві	Уявлення геометричного вигляду або конфігурація елементу в уяві
положення та розташування фігури у просторі та оперування нею	Положення та розташування фігури у просторі та оперування нею
надання смислового наповнення об'єкту для запам'ятовування	
Вимірювання величини та розмірів фігури у просторі	Вимірювання величини та розмірів фігури у просторі
швидкість фіксації	
Надання уявній фігурі фактури та текстури	
використання кольору	

Після проходження подібних тестів необхідно здійснити їх оцінювання. Оцінювання кожного тесту необхідно здійснювати за допомогою окремого методу. Для реалізації тесту потрібно вибрати відповідну шкалу оцінювання, за допомогою якої можна виставити підсумкову оцінку тестування за набраним результатом (для цього можна використати шкалу результатів, бали, оцінки та ін.). Тест інтелекта Амтхауера складається із кількох блоків тестів

(рис. 1.6). Кожен блок відповідає своєму колу питань і відноситься до одного з проявів інтелекту, таким чином можна визначити не лише розвиток просторового мислення але й інші психологічні якості особистості [21].

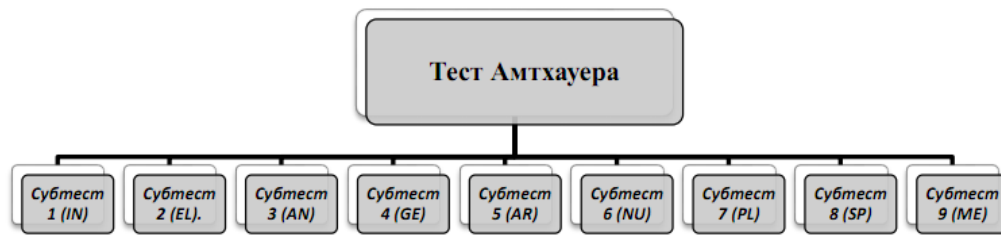


Рисунок 1.6 – Структура тесту Амтхауера:

До складу тесту інтелекту Амтхауера входять наступні блоки:

- субтест 1 (IN) – практичний інтелект, загальна обізнаність, здатність створювати власні, індивідуальні методи для систематизації інформації;
- субтест 2 (EL) – інтуїтивне понятійне мислення;
- субтест 3 (AN) – логічне понятійне мислення;
- субтест 4 (GE) – понятійна категоризація;
- субтест 5 (AR) – математична інтуїція;
- субтест 6 (NU) – формально-логічне мислення;
- субтест 7 (PL) – образний синтез;
- субтест 8 (SP) – просторове мислення;
- субтест 9 (ME) – оперативна логічна пам'ять.

При проходженні тестування оцінювання здійснюється наступним чином, за вірну відповідь на питання дається один бал, сума усіх балів підраховується та порівнюється з кількістю запитань. Далі визначається оцінка та видається людині, яка проходить тест у бальній системі з поясненнями, у якому зазначаються вірні відповіді та підставляються до субтестів, упорядковуючи інформацію.

При проходженні тестів на ортогональну проекцію (Orthographic Projection Test) (рис. 1.7) вихідними є чотири види геометричної фігури: 1 – вид спереду; 2 – вид зверху; 3 – вид справа; 4 – прихована лінія. Всі основні види завдань мають по двадцять підзавдань (рис. 1.7)[21]. У цьому тесті

оцінювання проходить методом подібним до підрахунку Теста Амтхауера і має 126 вірних відповідей та подальшому порівнянні отриманих балів з максимальним, як і у попередньому тесті. Такий тест перевіряє лише рівень розвитку просторової уяви, тому розширених пояснень він не потребує. Таким чином, під кожний вид тесту та його структуру потрібно створювати найкращий метод для обрахунку та обґрунтування відповідей [21].

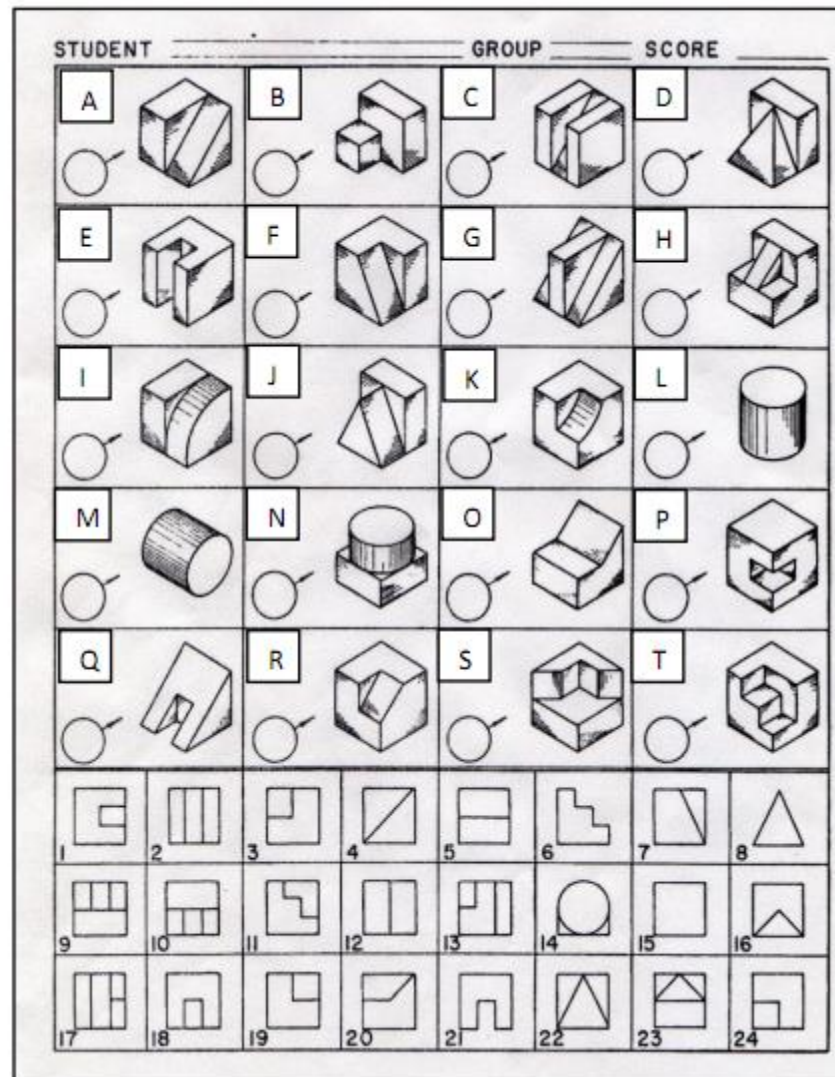


Рисунок 1.7 – Приклад тесту на ортогональну проекцію

1.4 Використання нечіткої логіки в системах відбору персоналу.

Оцінка особистісних характеристик спеціаліста на сьогодні недостатньо об'єктивна. В загальному для оцінки особистісних характеристик

використовують суб'єктивні методи: інтерв'ю, анкетування, метод попарного порівняння та інші.

Таким чином на сьогодні оцінка особистісних якостей кандидата для роботи оператором ДКП фактично являє собою суб'єктивну думку особи відповідальної за відбір.

Очевидно, що визначити рівень професійно важливих якостей дозволяє психологічне тестування. Однак результати психологічного тестування також не є визначальними та точними і зазвичай являють собою інтерпретацію набраних балів експертом-психологом. Хоча ця інтерпретація не вільна від суб'єктивності.

Таким чином досить актуальною є задача розробки формалізованих методів на основі психологічного тестування, які дозволяють об'єктивно оцінювати особистісні якості. Розробка і впровадження подібних методів дозволить знизити аварійність і підвищити безпеку використання пристроїв з дистанційним керуванням [22].

При обробці результатів оцінки особистих якостей операторів ДКП завжди виникатиме деяка степінь нечіткості, тому для побудови моделі оцінки професійно-важливих якостей використаємо математичний апарат нечіткої логіки [23].

Використання нечіткої логіки часто використовується у електронних пристроях для обробки цифрових даних та при дослідженнях різних соціоекономічних систем [25], в тому числі і для оцінки персоналу.

Процес нечіткого виведення являє собою деяку процедуру або алгоритм отримання нечітких висновків на основі нечітких умов або передумов з використанням понять нечіткої логіки [26].

Основою для проведення операції нечіткого логічного висновку є база правил, що містить нечіткі висловлювання у формі "Якщо щось" і функції приналежності для відповідних лінгвістичних термів. При цьому повинні дотримуватися наступні умови:

1) існує хоча б одне правило для кожного лінгвістичного терма вихідної змінної;

2) для будь-якого терма вхідної змінної є хоча б одне правило, в якому цей терм використовується в якості передумови (ліва частина правила);

В іншому випадку має місце неповна база нечітких правил. Нехай в базі правил є m правил виду:

R_1 : ЯКЩО x_1 це $A_{11} \dots I \dots x_n$ це A_{1n} , ТО y це B_1

R_i : ЯКЩО x_1 це $A_{i1} \dots I \dots x_n$ це A_{in} , ТО y це B_i

R_m : ЯКЩО x_1 це $A_{m1} \dots I \dots x_n$ це A_{mn} , ТО y це B_m ,

де x_k , $k = 1..n$ - вхідні змінні; y - вихідна змінна; A_i , k , B_i - задані нечіткі множини з відповідними функціями приналежності.

Результатом нечіткого висновку є чітке значення змінної y^* на основі заданих чітких значень x_k , $k = 1..n$.

У загальному випадку механізм логічного висновку включає чотири етапи: введення нечіткості (фазифікації), нечіткий висновок, композиція та приведення до чіткості, або дефазифікація (див. рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Система нечіткого логічного висновку

Сучасні алгоритми нечіткого виведення відрізняються головним чином видом використовуваних правил, логічних операцій і різновидом методу дефазифікації.

Розглянемо використання нечіткої логіки при відборі персоналу висвітлені у сучасних наукових працях.

1.4.1. Сфери використання нечіткої логіки при відборі персоналу

У науковій роботі [26] розглянуто моделювання процесу відбору кандидатів на вакантні посади з використанням нечіткої логіки. Враховуючи особливості задачі вибору кандидатів на вакантні посади, для моделювання використана нечітка реляційна модель представлення даних, на основі чого задача зводиться до вибору ефективних альтернатив серед можливих. Автори вказують, що основними методами відбору кандидатів на роботу залишається співбесіда, аналіз поданих документів, тестування. Але такий відбір має ряд недоліків, зокрема співбесіда, як інструмент відбору має ряд проблем які знижують його ефективність як інструменту відбору персоналу. На сприйняття кандидата спеціалістом впливає перше враження, одяг, фізична привабливість і інші фактори. Для зменшення суб'єктивного ефекту який вносить спеціаліст що проводить співбесіду автори рекомендують використовувати результати отримані з використанням комп'ютерних технологій.

В даній роботі [27] для забезпечення об'єктивності при відборі персоналу пропонується підхід на основі системного аналізу та теорії нечітких множин. При цьому у роботі вказується, що у всіх випадках при відборі кандидатів на роботу виникає необхідність оперування інформацією якісної природи, і це обумовлює використання таких лінгвістичних виразів, як:

- занадто емоційний;
- дуже довірливий;
- людина високого інтелекту;
- значно низький самоконтроль і т.д.

Вираз якісних параметрів в такій формі вимагає участі експертів в процесі вибору кандидатів на роботу.

Таким чином, на основі вище викладеного, у роботі зроблено висновок, що завдання вибору кандидатів на вакантні посади має такі специфічні особливості:

- завдання є багатофакторним і багатокритеріальним;
- ці чинники, критерії та показники в більшості випадків носять якісний характер;
- ці чинники, критерії та показники нерівнозначні;
- в процесі оцінки враховується думка різних експертів;
- ієрархічність оцінок критеріїв, що характеризують претендентів, виражена в тому, що кожен окремий критерій верхнього рівня ґрунтується на агрегування приватних критеріїв найближчого нижнього рівня і т.д.

З огляду на перелічені особливості завдання вибору кандидатів на вакантні посади, в роботі для формалізації критеріїв і прийняття рішень використані елементи теорії нечітких множин.

Моделювання процесу вибору кандидатів на вакантні посади здійснюється на основі нечіткої реляційної моделі представлення знань [27].

Згідно нечіткої реляційної моделі представлення знань, якщо $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \{x_i, i = \overline{1, n}\}$ - множина альтернатив, які підлягають вибору, а $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\} \{k_j, j = \overline{1, m}\}$ - множина критеріїв, показників, які характеризують ці альтернативи, то ступінь задоволення альтернативи x_i критерію k_j є функцією приналежності $\varphi_{k_j}(x_i) \rightarrow [0, 1]$, тобто $\varphi_{k_j}(x_i): X \times K \rightarrow [0, 1]$.

Припустимо, що $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \{x_i, i = \overline{1, n}\}$ - множина кандидатів, які претендують на вакантні посади. В такому випадку критерії, показники, які характеризують претендентів, представляються множиною нерівнозначних критеріїв: $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\} \{K_j, j = \overline{1, m}\}$.

Кожен критерій K_j , який входить в множину критеріїв K , в свою чергу, характеризується підмножиною часткових критеріїв, тобто

$K_j = \{k_{j1}, k_{j2}, \dots, k_{jT}\} = \{k_{jt}, t = \overline{1, T}\}$, причому елементи цих підмножин також нерівнозначні.

Припустимо, що критерієм K_1 позначений показник «знання людини», тоді він характеризується такими частковими критеріями, як:

k_{11} - загальний кругозір людини;

k_{12} - знання в конкретних предметних областях;

k_{13} - знання, які безпосередньо пов'язані з посадою і т.п.

Або припустимо, що критерієм K_2 позначений показник «здатність людини», тоді він характеризується такими частковими критеріями, як:

k_{21} - вміння працювати на персональному комп'ютері;

k_{22} - володіння іноземною (наприклад, англійською) мовою;

k_{23} - вміння керувати автомобілем;

k_{24} - бути хорошим спортсменом чи музикантом і т.д.

Для критерія «особисті якості людини» - K_3 , згідно з вищенаписаним,

$$K_3 = \{k_{31}, k_{32}, \dots, k_{316}\} = \{k_{3t}, t = \overline{1, 16}\}.$$

Для визначення ступеня задоволення альтернатив частковим критерієм, тобто функцій приналежності альтернативи X_i частковим критерієм $k_{j1}, k_{j2}, \dots, k_{jT}$, де $K_j = \{k_{j1}, k_{j2}, \dots, k_{jT}\} = \{k_{jt}, t = \overline{1, T}\}$, кожному елементу підмножини критеріїв K_j присвоюються якісні градації, які відповідають прийнятим лінгвістичним оцінкам («добре», «нормально», «погано» і т.д.), і визначаються їх нечіткі відповідності [27].

Наприклад, одним із елементів підмножини «особисті якості» є «замкнутість/комунікабельність». Ступінь вираження якісної характеристики людини «замкнутість/комунікабельність» може бути оцінена експертами за вербальною шкалою, наступним чином: «занадто комунікабельний»,

«комунікабельний», «нормальний», «здається замкнутим», «занадто замкнутий».

Табл. 1.3 на прикладі часткового критерія «замкнутість/комунікабельність», який входить до підмножини критерія «особисті якості», ілюструє описану процедуру [31].

Далі членами експертної групи для кожної градації визначаються значення індивідуальних нечітких оцінок з відповідної області визначення, які входять в інтервал $[0,1]$. Об'єднання індивідуальних оцінок окремих експертів в одну колективну оцінку визначає кінцеву нечітку оцінку градацій [29].

Для визначення ваги важливості показників, які розглядаються, коефіцієнтів відносної важливості критеріїв та їх елементів може використовуватись метод експертної оцінки по 10-бальній системі [29].

Таблиця 1.3 – Задання якісних градацій та їх нечітких відповідностей для часткового критерія «замкнутість/комунікабельність», який є елементом підмножини критерія «особисті якості»

Якісні градації часткового критерія «замкнутість/комунікабельність», який є елементом підмножини критерія «особисті якості»	Лінгвістична оцінка	Область нечітких відповідностей
1. Занадто комунікабельний	Повністю відповідає	$[0,8-1]$
2. Комунікабельний	Відповідає	$[0,60-0,79]$
3. Нормальний	Майже відповідає	$[0,36-0,59]$
4. Здається замкнутим	Не відповідає	$[0,10-0,35]$
5. Занадто замкнутий	Абсолютно не відповідає	$[0,09-0,01]$

Згідно з цим методом, якщо в процесі оцінки бере участь L експертів, то для визначення відносної важливості критеріїв $K = \{K_j, j = \overline{1, m}\}$ спершу по всім експертам обчислюється сумарний бал для кожного часткового критерія, тобто $\sum_{l=1}^L K_{j_l}$, далі – сума цих сумарних балів за всіма критеріями, тобто $\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^L K_{j_l}$. Тут K_{j_l} є оціночним балом критерія K_j відносно думки експерта l , де $l = \overline{1, L}$, у відповідності з 10-бальною системою. Коефіцієнти відносної важливості кожного критерія визначаються з використанням формули [30]:

$$w_{K_j} = \sum_{l=1}^L K_{j_l} \cdot \left(\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^L K_{j_l} \right)^{-1}. \quad (1.1)$$

Далі за допомогою агрегування часткових критеріїв нижчевказаного рівня оцінюється кожний критерій верхнього рівня, після чого обирається альтернатива, яка має максимальну ступінь приналежності узагальненому критерію [31].

Запропонований підхід для моделювання відбору кандидатів на роботу може успішно застосовуватися і для інших управлінських задач, наприклад, для оцінки діяльності кадрового потенціалу, для визначення відповідності працівників вимогам робочого місця, посади і т.д.

У роботі [32] наведено розробку баз знань у формі правил для нечітких систем, що дасть змогу автоматизувати процес прийняття кадрових рішень на підприємстві.

В роботі розроблені чотири нечіткі системи, для яких були визначені функції приналежності кожної із змінних, побудовані бази знань, налаштовані параметри моделей з метою підвищення точності розрахунків. Наукова новизна роботи – удосконалений підхід до процесу прийняття рішень в системі кадрової безпеки підприємства за рахунок розробки нечітких баз знань, що дозволить враховувати як кількісні, так і якісні показники. Практична цінність полягає в можливості застосування розробленої бази

знань, що базується на експертній інформації та статистичних даних, для прийняття рішень в системі кадрової безпеки підприємства. Перспективою дослідження є розробка автоматизованої нечіткої системи управління кадровою безпекою на підприємстві.

У роботі [33] запропоновано методику відбору персоналу на вакансію з використанням нечітких показників. Дана методика заснована на використанні результатів оцінювання особистісних факторів претендента з використанням апарату нечіткої логіки. Для оцінки особистісних якостей було обрано опитувальник Кеттела, який дозволяє оцінити рівень володіння особистісними якостями(16 якостей). Узгодженість експертів у кожній групі визначалась за допомогою коефіцієнта конкордації Кендалла.

Для оцінки відповідності претендента посаді використовуються визначені експертним методом ваги важливості кожної особистісної характеристики як W_j . Тоді степінь відповідності ідеальному робітнику(позначим її як СВІР) визначається за формулою [22]:

$$CBIP = \sum_{j=1}^{16} c_{x_{ij}}(u)W_j \quad (1.2)$$

де СВІР=[0;1] – степінь відповідності ідеальному оператору, W_j , $j=[1;16]$ ваги (важливість) кожного із компонентів X_i – кожного із 16 оцінюваних якостей i -го кандидата. $c_{x_{ij}}(u)$ – міра відповідності j – компонента X_i нечіткому обмеженню $R_{(x_{ij})}$ на цей компонент для i -го кандидата. Максимальне значення величини СВІР дорівнює 1, так як чим ближче значення до 1, тим більше кандидат відповідає профілю ідеального робітника.

1.5 Аналіз існуючих систем для відбору кандидатів в оператори ДКП

Сучасні робочі місця операторів БПЛА як одного з типів ДКП, облаштовані різноманітними системами відображення інформації та управління, з урахуванням тривалості та змісту можливих місій[34]. Для ефективної роботи на таких комплексах необхідний відбір операторів, які відповідають певним психофізіологічним вимогам та зможуть тривалий час виконувати поставлені завдання на високому рівні [35].

Світовий досвід показує, що найбільші труднощі при використанні ДКП 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 ДКП та ситуаційного формування експлуатаційних практик у відповідності з поточним баченням їх доцільності в широкому спектрі завдань застосування ДКП.

Домінуючим ракурсом розуміння шляхів оптимізації людського фактору у ефективності ДКП є психологічний у двох щільно пов'язаних аспектах – інженерно-психологічному (інформаційна взаємодія людської та машинної ланок) та організаційному (організація функціонування команди ДКП як специфічних малих груп та взаємодії між членами команди на етапах орієнтування у обставинах місії, прийняття рішень та їх спільної реалізації) [36].

В спеціалізованих компаніях в процесі відбору кандидатів на посаду оператора БПЛА пристроїв оцінюють компетенції кандидатів які можна розділити на два види професійні і особистісні[37]. Професійні компетенції кандидата підтверджуються зазвичай документами про освіту та документами з попередніх місць роботи.

У процесі відбору досить часто використовують автоматизовані діагностичні комплекси. В Україні найбільш відомі наступні діагностичні комплекси :

- інтегральний автоматизований психодіагностичний комплекс (ІАПДК - 01);
- система психологічної діагностики «Лідер - 1»;
- автоматизований психофізіологічно – орієнтований метод кількісної оцінки технологічних знань персоналу від НМТК «Надійність»;
- автоматизований психодіагностичний комплекс «Професійний відбір».

Інтегральний автоматизований психодіагностичний комплекс (ІАПДК-01) забезпечує:

- якісний, багаторівневий професійно-психофізіологічний відбір і розстановку кадрів з урахуванням результатів професійної психофізіологічної діагностики, рівня професійної направленості, індивідуальних психофізіологічних особливостей і стану здоров'я;

- періодичний контроль за рівнем психологічної і психофізіологічної здатності працівників до виконання професійних обов'язків і здійснення профілактики і корекції професійної деформації;

- психофізіологічну експрес-діагностику працівників підрозділів, служба яких пов'язана з підвищеним ризиком і характеризується особливо значними психологічними навантаженнями.

ІАПДК-01 – це перший інтегральний психодіагностичний комплекс, який за результатами психофізіологічного тестування визначає відповідність кандидата вимогам професіограм співробітників МВС України за значенням інтегрального критерію відповідності (ІКВ) [38].

Комплекс ІАПДК-01 об'єднує в собі систему інтегрального контролю і оцінки психічної і фізіологічної компонент здоров'я кандидата, їх взаємодії, взаємовпливу і взаємокореляції. В основу ІАПДК-01 покладений тест "Визначення типів особистості" згідно якому наявність кожного типу в структурі особистості визначає відповідні характеристики, діагностичні критерії і опис можливих психічних і фізіологічних розладів в поведінці людини. Це дає можливість відобразити багатотиповість кожного кандидата

при властивій тільки йому сукупності типів і ієрархії домінант [35].

Значного поширення набула також система психологічної діагностики «Лідер - 1».

Система психологічної діагностики “ЛІДЕР-1” (далі – СПД “ЛІДЕР-1”) призначена для якісного професійно-психологічного відбору кандидатів на посади офіцерського складу ланки взвод - рота (батарея) - батальйон (дивізіон) а також для діагностики індивідуально-психологічних якостей військовослужбовців інших категорій в системі професійнопсихологічного вивчення [39].

Структура системи «ЛІДЕР - 1» складається з набору структурних елементів, які дозволяють здійснювати реєстрацію, тестування та обробку результатів.

Титульна сторінка програми СПД “ЛІДЕР-1” містить дві функції:

1) вхід в систему користувача для проходження індивідуального тестування безпосередньо на комп'ютері (опція “Пройти тестування”) (рис. 1.9);

2) вхід до панелі управління програмою та ручного ведення результатів тестування (опція “Панель управління” - робочий блок психолога).

Блок для проходження індивідуального тестування безпосередньо на комп'ютері призначений для:

1) вибору існуючого користувача або реєстрація нового для проходження тестування.

2) вибору психологічного інструментарію (тестів) для проходження тестування рис. 1.9 [39].

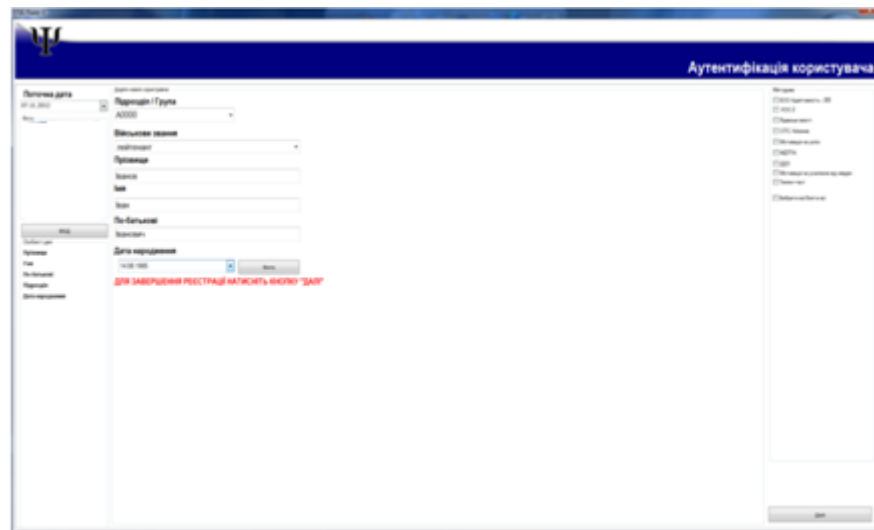


Рисунок 1.9 – Вигляд вікна аудентифікації користувача у системі «Лідер -1»

Блок для ручного ведення результатів тестування (робочий блок для психолога) (рис. 1.10) призначений для:

- 1) ведення сирих балів (стенів) у випадку проведення тестування з групою кандидатів за допомогою бланків та трафаретів;
 - 2) імпорту/експорту баз даних інших підрозділів (військових частин).
- рис. 1.10 [39].

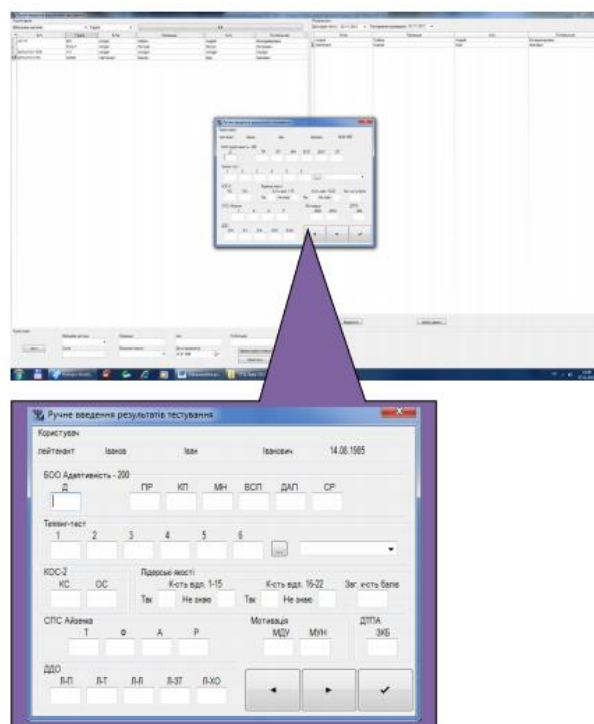


Рисунок 1.10 – Вигляд вікон робочого блоку психолога

Блок виводу всіх результатів тестування у вигляді таблиці з відповідними фільтрами по методикам та кандидатам (рис.1.11) призначений для:

- 1) ведення всіх результатів тестування у вигляді балів (стенів) з метою проведення загального аналізу всіх досліджуваних кандидатів;
- 2) перегляд психологічної характеристики кандидатів за результатами проведення психологічного тестування. Рис. 1.11 [39].

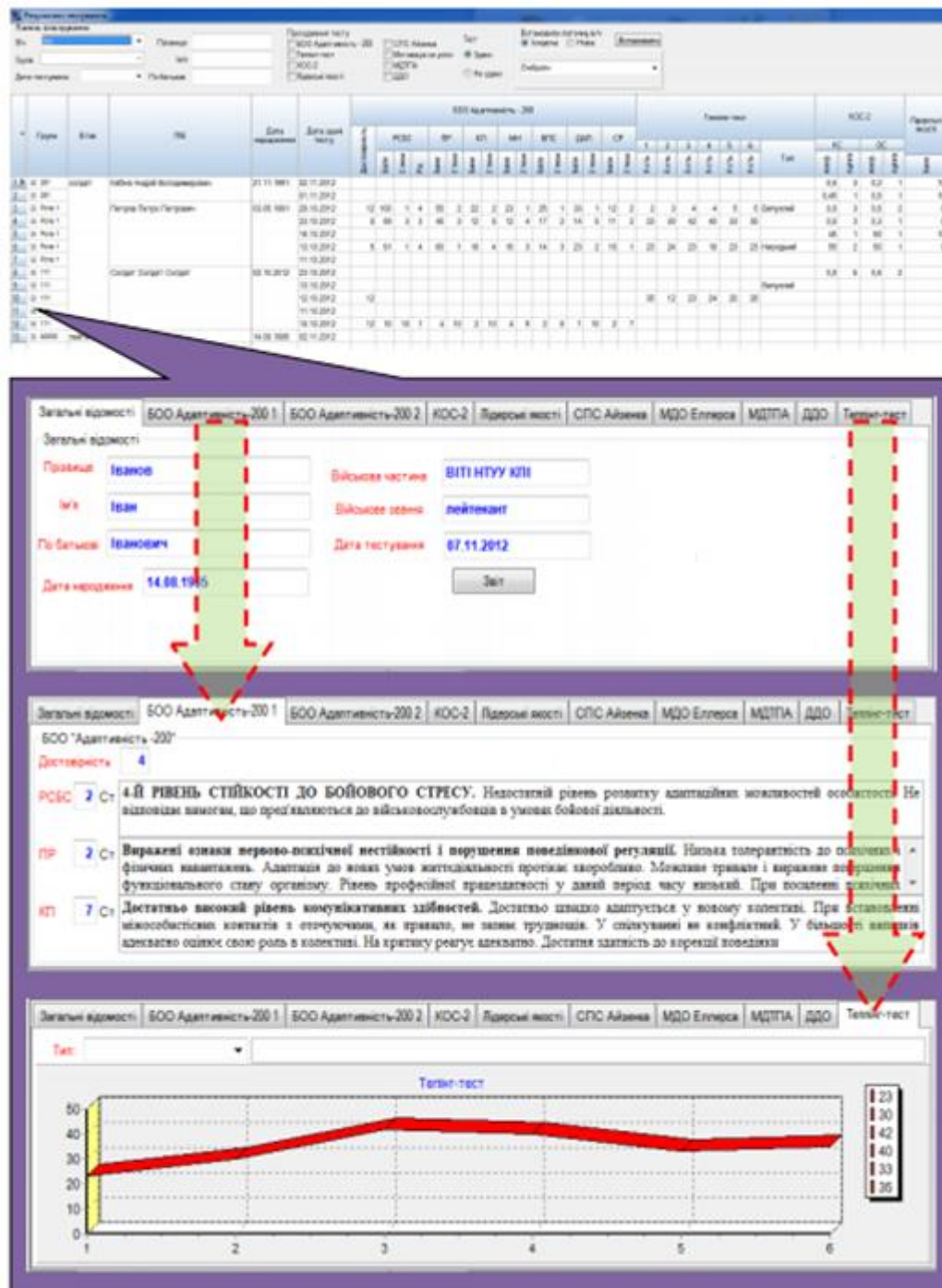


Рисунок 1.11 – Вигляд психологічної характеристики кандидатів за результатами проведення психологічного тестування

Карта соціально-психологічного вивчення військовослужбовців. Призначення: перегляд загального звіту психологічного тестування про кандидата з можливістю виведення його на друк (рис.1.12) [39].

Загальні відомості BOO Адаптивність-200.1 BOO Адаптивність-200.2 КОС-2 Лідерські якості СПС Айзенка МДО Еггера МДТРА ДДО Телпінг-тест

Загальні відомості

Прізвище: Іванов
Ім'я: Іван
По батькові: Іванович
Дата народження: 14.08.1985

Військова частина: ВПТІ НТУУ КПІ
Військове звання: лейтенант
Дата тестування: 07.11.2012

Звіт

КАРТА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНОГО ВИВЧЕННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Прізвище: Іванов Ім'я: Іван По батькові: Іванович
Дата народження: 14.08.1985 Військова частина: ВПТІ НТУУ КПІ Дата тестування: 07.11.2012

BOO АДАПТИВНІСТЬ - 200

Достовірність: висока

РПСБ 1 (станд.)

ГР 1 (станд.)

КП 3 (станд.)

МН 4 (станд.)

ВПС 1 (станд.)

ДАП 1 (станд.)

СР 2 (станд.)

ТЕЛПІНГ-ТЕСТ

КОС - 2

ЛІДЕРСЬКІ ЯКОСТІ

СПС АЙЗЕНКА

МОТИВАЦІЯ

МДТРА

ДДО

Рисунок 1.12 – Вигляд загального звіту психологічного тестування кандидата

Система «Лідер - 1» має наступний психолого-діагностичний інструментарій для проведення професійно-психологічного добору (табл.. 1.4) [39].

Таблиця 1.4 – Інструментарій системи «Лідер - 1»

Психологічний інструментарій		
	Назва методики	Призначення методики
	БОО “Адаптивність - 200”	Опитувальник призначений для вивчення деяких соціально-психологічних і психологічних характеристик особистості, що відображують інтегральні особливості психічного і соціального розвитку. Шкали: Шкала поведінкової регуляції призначена для вивчення рівня нервово-психічної стійкості військовослужбовця і його толерантності до несприятливих дій професійної діяльності. Шкала комунікативного потенціалу – для вивчення комунікативних можливостей військовослужбовця і вміння побудувати міжособистісні відносини у колективі. Шкала моральної нормативності – для вивчення здатності військовослужбовця дотримуватись моральних норм поведінки, уміння підкорятися груповим і корпоративним вимогам. Шкала військово-професійної спрямованості – для вивчення рівня професійної мотивації і спрямованості обстежуваного на продовження професійної діяльності. Шкала схильності до девіантних форм поведінки спрямована на виявлення ознак аддиктивної і делінквентної поведінки.
	Методика експрес діагностики властивостей нервової системи (тепінг-тест)	Методика призначена для вивчення сили нервових процесів, що є показником працездатності людини.

Продовження табл. 1.4

	Методика виявлення комунікативних та організаторських схильностей (КОС-2)	Методика призначена для виявлення комунікативних та організаторських схильностей особистості (вміння швидко налагоджувати ділові та товариські стосунки з людьми, прагнення розширювати контакти, брати участь у групових заходах, вміння впливати на людей, прагнення проявляти ініціативу).
	Методика “Лідерські якості”	Методика призначена для виявлення схильності до лідерства.
	Методика діагностики самооцінки психічних станів (адаптований варіант методики Г.Айзенка)	Методика призначена для діагностики психічних станів (тривожність, фрустрація, агресивність та ригідність), які тісно пов’язані з працездатністю людини.
	Методика діагностики мотивації Т.Елерса	Методика призначена для діагностики двох видів мотивації особистості: - мотивація до досягнення успіху: - мотивація до ухилення від невдач. Ефективному менеджеру притаманна мотивація на успіх.
	Методика діагностики типу поведінкової активності Вассермана і Гуменюка	Методика призначена для виявлення провідного типу поведінки, що проявляє особа під час професійної діяльності
	Диференційно - діагностичний опитувальник (ДДО) Є.О.Климова	Методика призначена для виявлення схильності людини до певних видів професій. 1. людина - природа; 2. людина - техніка; 3. людина - людина; 4. людина - знакова система, знаковий образ; 5. людина - художній образ.

Автоматизований психофізіологічно-орієнтований метод кількісної оцінки технологічних знань персоналу розроблений у МНТК "Надійність" призначений для психофізіологічної оцінки ефективності і надійності модельованої професійної діяльності персоналу та вивчення професійної адаптації персоналу до основних професій [40][41][42].

Відмінною рисою методу є методика побудови іспиту й оцінки якості відповідей з урахуванням методів оцінки психофізіологічного стану людини.

Базовим засобом проведення психофізіологічного тестування за даним методом є комп'ютерна психодіагностична система, яка дозволяє в автоматизованому режимі збирати необхідні психодіагностичні зведення, здійснювати їхній аналіз і одержувати висновки про психофізіологічний статус обстежуваної особи, а також зберігати діагностичну інформацію в спеціалізованій базі даних, що захищена від несанкціонованого доступу [41][42][43].

Тести, які реалізовані в даній системі, дозволяють оцінити інтелектуальну сферу людини, особливості її характеру, наявність операторських якостей, актуальний психічний стан.

Перелік тестів залежить від задач обстеження, стану здоров'я пацієнта, і т.п. У комп'ютерну психодіагностичну систему входять 15 тестів.

Висновок за результатами передзмінного психофізіологічного обстеження містить оцінку актуального функціонального стану працівника, короткостроковий прогноз його працездатності і надає право на ухвалення рішення по допуску (чи відмовленні в допуску) до роботи.

Короткий висновок за результатами психофізіологічного обстеження містить висновок про наявність чи відсутність психофізіологічних протипоказань до роботи на об'єктах, а також рекомендації, що стосуються кадрових рішень, професійної підготовки й охорони здоров'я фахівця.

Основним напрямком розвитку інформаційних технологій в ППВ є створення програмних комплексів комп'ютерної психодіагностики, які об'єднують не тільки кілька комп'ютерних психодіагностичних методик, а й

кілька напрямків дослідження. Саме такий підхід був застосований в процесі проектування автоматизованого психодіагностичного комплексу (АПК) “ПРОФЕСІЙНИЙ ВІДБІР” [7][44].

При розробці комплексу співробітниками науково-дослідного центру Національної академії Національної гвардії України особлива увага приділялася наступним аспектам: автоматизація процедури індивідуального і групового тестування, автоматизація процедури обробки результатів тестування, їх зберігання та захист, а також різних способів представлення результатів індивідуальних і групових тестувань в залежності від поставлених перед психологом завдань (створення індивідуальної картки психологічного супроводу, передача даних в додаток Word, передача даних групового тестування в додаток Excel для подальшої статистичної обробки) [44][45].

Передбачається наявність двох спеціалізованих режимів роботи комплексу; режим “Респондент” і режим “Психолог”.

Режим роботи вибирається користувачем при завантаженні програми. Режим “Респондент” дозволяє здійснити психологічне тестування обстежуваного по заданому набору психологічних тестів.

Режим “Психолог” дає повний доступ користувачеві до всіх можливостей АПК, наприклад, формування батареї методик “комплексного тесту”, робота з базою даних обстежуваних і результатами їх психологічного тестування і т.д [7].

Головним недоліком відомих способів оцінки профпридатності або профвідбору є те, що вони оцінюють різні ланки "технічних можливостей" людини до фізичних і емоційних навантажень на даний момент і не враховують його нейрофізіологічні і нейропсихологічні особливості. Такі способи дослідження оцінюють кінцеву периферичну ланку нервової системи людини і реакцію рецепторів на подразники зовнішнього середовища. Насправді ці реакції є «дзеркальним» відображенням порушень або патології в надсегментарних «центрах» головного мозку, які управляють пам'яттю, навчанням, увагою (психоемоційними реакціями, просторово-часовою

орієнтацією, регуляцією поведінкових актів, формуванням мотивацій, потягів людини і всіма аналізаторами ЦНС (слух, зір, чутливість і так далі).

Висновки до 1 розділу.

Проведений огляд сучасних методів та засобів показав, що на сьогодні відсутні спеціальні апаратно-програмні засоби для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв. Це приводить до того, що при відборі в групи для навчання операторів ДКП відбір відсутній або здійснюється методами та засобами які не враховують специфіки операторської діяльності.

Огляд та аналіз сучасних засобів оцінки психологічної складової показав, що на сьогодні більшість із них мають виражену спрямованість для певних сфер діяльності(військової, діяльності у структурах МВС, тощо). Тому використання таких засобів для відбору операторів ДКП є недоцільним з методичної та організаційної точок зору.

При огляді літератури було виявлено, що на сьогодні відсутні програмні засоби для визначення рівня просторового мислення які можна використати для відбору операторів ДКП.

Проведений аналіз методів та засобів для визначення рівня дрібної моторики показав, що більшість із них засновані на точності маніпулювання дрібними предметами. Програмно реалізовані засоби для визначення рівня дрібної моторики використовують стандартні пристрої вводу для ПК такі як: комп'ютерний миша, клавіатура або стилус для сенсорних екранів. Оператори ДКП у своїй діяльності користуються спеціальними пультами керування які мають специфічні важелі керування. Тому виникає необхідність у розробці методу та засобу оцінки дрібної моторики для операторів ДКП з використання спеціалізованого обладнання.

Аналіз сучасних засобів та систем професійного відбору показав, що у них майже відсутній контроль фізіологічної складової під час проведення

тестувань. Це приводить до того, що немає можливості слідкувати за рівнем стресу при проходженні тестування та визначати рівень стресу при виконання окремих завдань.

Основні наукові результати опубліковано у працях [6], [22], [24], [35], [36].

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ КАНДИДАТА ДЛЯ РОБОТИ З ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИМИ ПРИСТРОЯМИ

У данному розділі здійснено розробку методу визначення рівня відповідності кандидата посаді оператора ДКП. Для цього на основі проведеного аналізу та виявлених недоліків методів і засобів розглянутих у першому розділі було розроблено метод психофізіологічного відбору операторів ДКП.

Метод ґрунтується на використанні опитувальника Кеттелла для багатофакторного дослідження особистості та використанні нечіткої логіки для визначення степеня відповідності ідеальному оператору за психологічною складовою. Узгодження експертів визначалось із використанням коефіцієнта конкордації Кендела.

Для визначення стресостійкості використовується метод який ґрунтується на визначенні зміни показників шкіро-гальванічної реакції та пульсової хвилі під час тестування.

Для визначення дрібної моторики використовується метод заснований на визначенні відхилення ліній отриманих за рахунок переміщення важелів кандидатом від зразкових ліній і подальших розрахунків основних показників дрібної моторики кандидата.

2.1 Вибір та характеристика інформативних ознак для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв

Головною особливістю дистанційно-керованих пристроїв є засоби і процеси інформаційної взаємодії між людиною (оператором) та дистанційно-керованим пристроєм. Оператор отримує інформацію з дистанційно-керованого пристрою, оцінює її і приймає рішення про зміну маршруту, або

режим роботи передаючи певну команду через лінії зв'язку. Процес прийому інформації оператором ДКП у порівнянні із безпосереднім керуванням сильно обмежений. Проблеми організації взаємодії «людина – дистанційно-керований пристрій» пов'язані із узгодженням технологічних і психологічних досліджень, включно із питаннями використання психологічних даних, а також аспект взаємодії операторів, психологів, інженерів. Оцінку придатності кандидата до діяльності оператором дистанційно-керованих пристроїв необхідно здійснювати з врахуванням його фізіологічних особливостей. Значну роль для діяльності оператором ДКП відіграють когнітивні функції. Особливості процесу тестування когнітивних функцій людини розглянуті у [46]. У роботі [47] наведено опис пристрою який дозволяє оцінити когнітивні функції людини.

Розробку методу відбору операторів ДКП необхідно розпочати із визначення професійно-важливих якостей оператора ДКП, значна кількість яких будуть корелювати із компетенціями військового пілота, а саме:

1) особистісними; 2) інтелектуальними; 3) психофізіологічними; 4) фізіологічними; 5) фізичними[48]. Дана класифікація розроблена на основі методики і дослідженнях проведених В.А. Понамаренко[49].

Особистісні персональні якості: довготривала мотивація на професію, здатність до правильної самооцінки, здатність до психологічної адаптації до різних умов, стійкість особистості до негативних впливів. Риси характеру: цілеспрямованість, сильна воля, сміливість, рішучість. Моральні якості: відчуття боргу, чесність, порядність, товарицькість. Соціальні якості: схильність до лідерства, комунікабельність, ціннісні орієнтації, прагнення до професійного зростання.

Інтелектуальні персональні якості: рівень відчуттів і сприйняття, яскравість, чіткість і контроль просторових представлень, продуктивність і стійкість мислення, швидкість і сила пам'яті; стійкість уваги; здатність до орієнтування в складному просторовому оточенні і непередбачуваних

ситуаціях; здатність до дій в умовах дефіциту часу і нав'язаного темпу роботи; розвиток евристичного, системного і образного типу мислення.

Психофізіологічні персональні якості: нервово-емоційна стійкість; стійкість до втоми; здатність до регуляції свого емоційного стану.

Фізіологічні персональні якості: стійкість організму до захитування, стійкість психологічних процесів до вестибулярних подразників.

Фізичні персональні якості: загальний фізичний розвиток; сила; швидкість; витривалість; координація; фізична підготовка до несприятливих факторів [49].

Використання, з метою відбору, психодіагностичного інструментарію, який побудований на адекватних теоретичних концепціях, дозволяє визначити готовність кандидатів до роботи оператором ДКП, відфільтровує осіб з неадекватною поведінкою.

2.2 Побудова психофізіологічної моделі оператора ДКП

Щоб здійснити психофізіологічний відбір на операторські посади необхідно чітко визначити за якими показниками буде здійснюватись такий відбір. Тому виникає потреба у побудові моделей, які відображають основні професійно-важливі якості (ПВЯ) для визначених посад. На рис. 2.1 представлена розроблена психофізіологічна модель оператора ДКП. Новизною розробленої моделі є те, що вона узгодила між собою індивідуальні здібності кандидата і професійно-важливі якості оператора та визначає їх взаємовідповідність через динамічні процеси тестування, оцінювання, визначення, навчання тощо.

Професійна відповідність оператора ДКП визначається сукупністю професійно-важливих якостей що дає можливість запропонувати новий, більш адекватний вимогам професії критерій оцінки операторської діяльності – операторську компетентність.

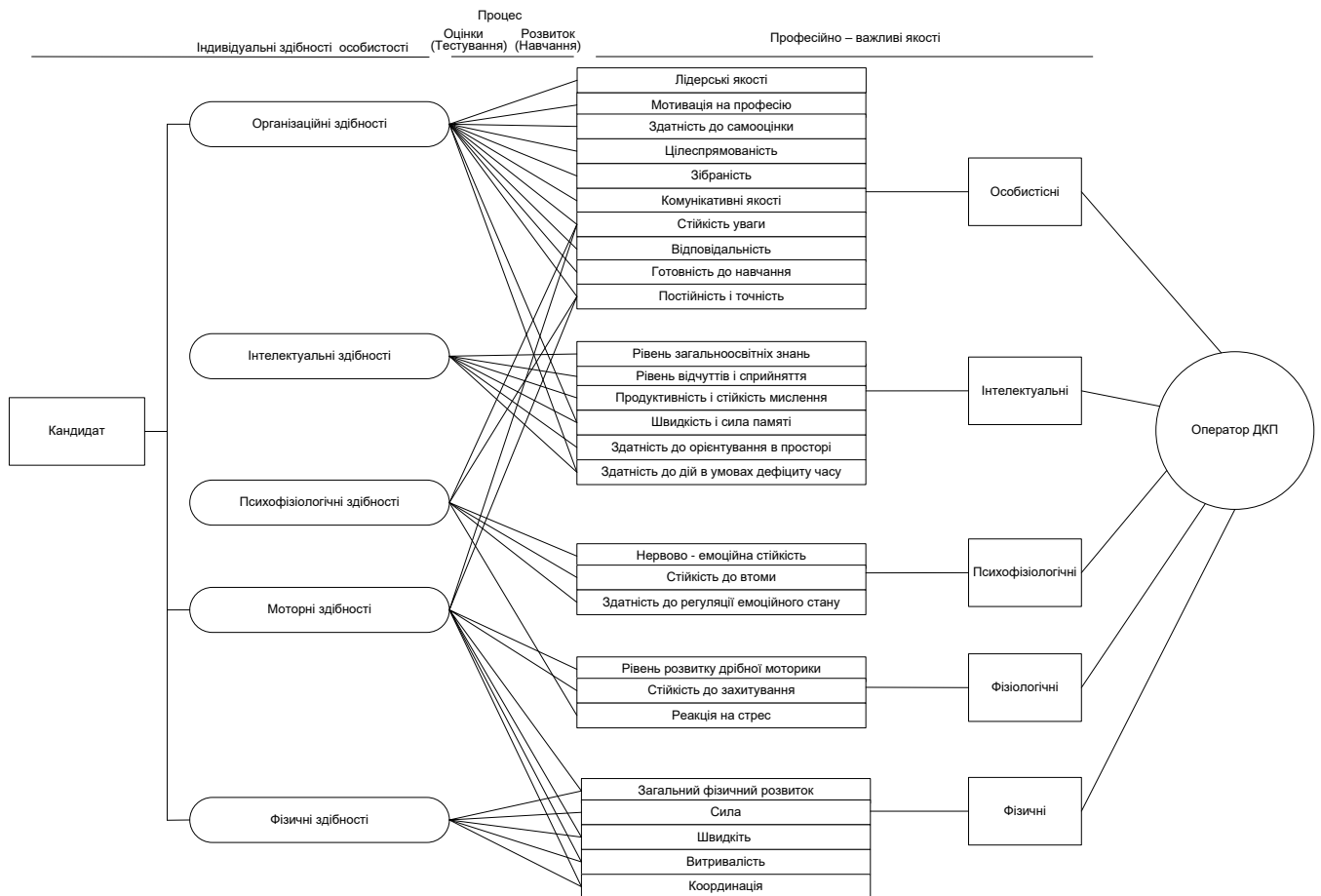


Рисунок 2.1 – Психофізіологічна модель оператора ДКП

На рис. 2.1 наведено типи здібностей якими володіє кожна людина: організаційні здібності; інтелектуальні здібності, психофізіологічні здібності, моторні здібності, фізичні здібності. У кожному з цих типів здібностей виділені професійно-важливі якості необхідні для успішної діяльності оператором ДКП. Виділити та оцінити ці якості можливо у процесі відбору операторів ДКП.

2.3 Розроблення методу та алгоритму відбору кандидатів для роботи з ДКП

Професійна підготовленість мобільність, спроможність виконувати покладені завдання, ефективно функціонувати в команді, такі вимоги ставляться перед сучасними операторами усіх типів дистанційно-керованих пристроїв у різних сферах людської діяльності [48].

Розглядаючи комплекс чинників, що впливають на прийняття рішень стосовно придатності кандидата для роботи з ДКП, необхідно відзначити, що на першому етапі відбору пріоритетну роль відіграють критерії пов'язані із психологічною надійністю кандидатів [50].

Необхідний рівень такої надійності визначається структурою та змістом методів та алгоритмів відбору кандидатів для роботи з ДКП. Зазначений відбір повинен визначати рівень відповідності кандидатів етичним вимогам та умінню працювати в колективі, зібраність, комунікабельність і працездатність, здатність тривалий час працювати із значним емоційним навантаженням [51].

Відомо, що найбільш поширений шлях до вирішення сформульованої проблеми полягає в використанні психологічних тестів і на сучасному етапі розвитку комп'ютерних технологій їх оцифрованих варіантів. [41].

Значну вагу для успішної діяльності оператора ДКП має рівень розвитку його дрібної моторики, адже у більшості дистанційно-керованих пристроїв керування здійснюється важелями які переміщуються лише великими пальцями кисті людини. Врахування такого важливого фактору дозволяє запропонувати новий метод відбору кандидатів для роботи з ДКП у вигляді багаторівневої алгоритмізованої структури для автоматизації кадрового супроводження і процесу збору, аналізу та оцінювання результатів відбору, професійної підготовки і діяльності персоналу для роботи з ДКП [52].

Заропонований метод забезпечує багаторівневий відбір на роботу з ДКП, відсіювання людей, які непридатні для подібної роботи за психічним станом або незадовільним рівнем мотивації, сортування кандидатів за рівнем розвитку дрібної моторики на тих, які здатні виконувати роботу, що вимагає

високої точності та концентрації і тих, яким не можна доручати виконання робіт, що вимагають високої точності.

Метод вирішує питання:

- якісного, багаторівневого відбору кандидатів для роботи з ДКП з урахуванням результатів психічної діагностики, рівня стресотійкості, рівня розвитку дрібної моторики;

- періодичного контролю за рівнем професійної придатності кандидата.

На першому рівні (рис. 2.2) здійснюється відбір кандидатів за результатам оцінки їх психологічного стану. Ті кандидати, які отримали позитивні результати тестування за методиками визначення психологічного стану і психічної стійкості переходять до оцінювання рівня розвитку їх стресотійкості.

У випадку негативного результату (люди з психічними вадами, нестійкою психікою) за результатом оцінки психічного стану кандидат потрапляє в групу професійно-непридатних для роботи з ДКП.

Наступний рівень відбору передбачає визначення рівня стресотійкості. При відсутності достатнього рівня стресотійкості підготовка кандидата до роботи з ДКП не доцільна і він потрапляє в групу професійно-непридатних осіб. При достатньому рівні стресотійкості кандидат тестується далі з метою оцінювання рівня розвитку дрібної моторики.

Перші два рівні відсіюють небажаний контингент, діяльність яких із ДКП може призвести до непередбачуваних ситуацій та інших негативних явищ.

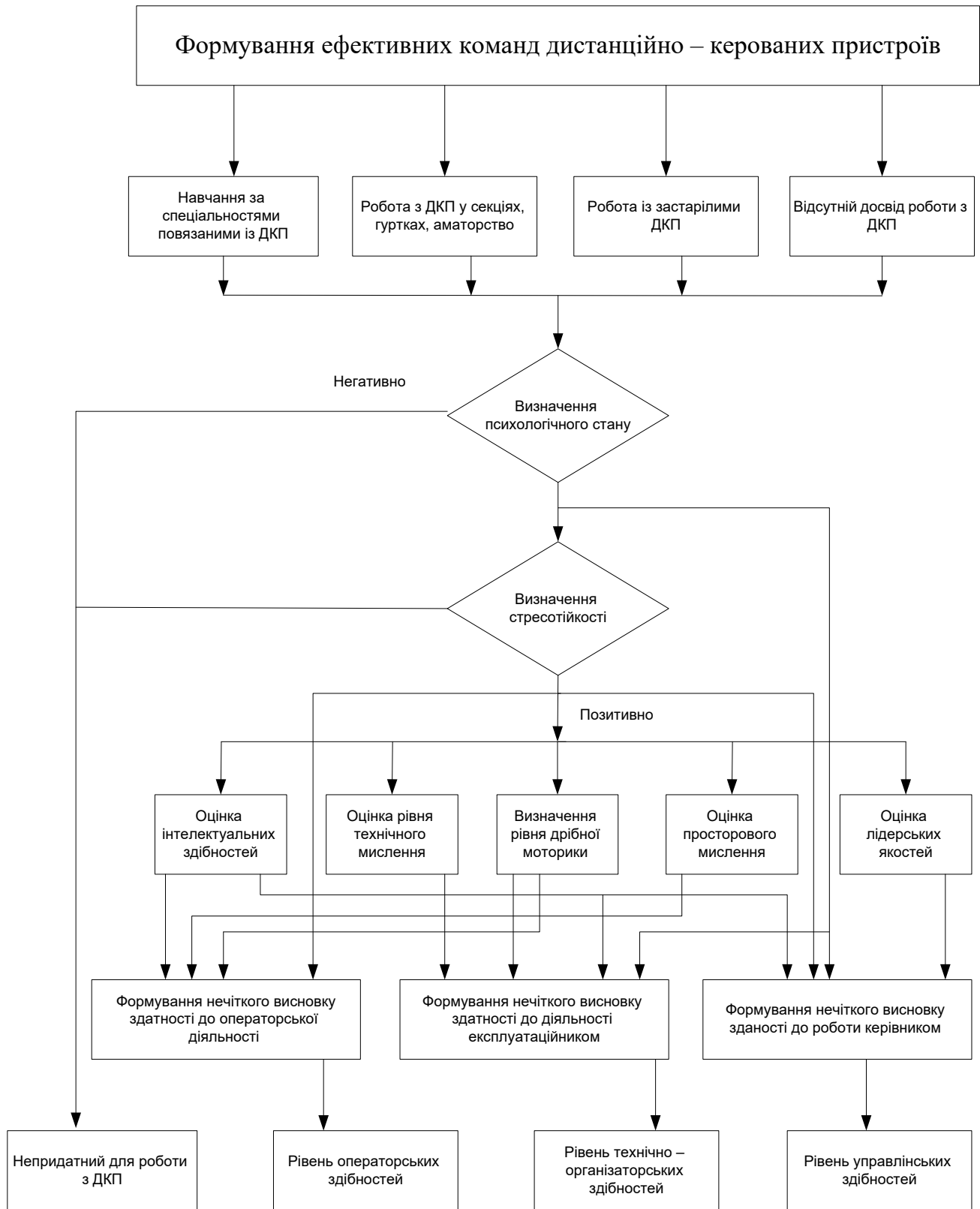


Рисунок 2.2 - Структурна організація методу відбору кандидатів на операторів ДКП

Наступний рівень – оцінка рівня розвитку дрібної моторики, який дозволяє визначити кандидатів з високим потенціалом моторних здібностей та які спроможні виконувати роботу з високою точністю, на протязі тривалого часу [53].

Для практичної реалізації розробленого методу розроблено апаратно-програмний комплекс, який здійснює моніторинг психофізіологічного стану кандидатів та сприяє:

- своєчасному виявленню осіб, які не придатні для роботи в колективі, не мають достатніх моторних здібностей, виявляють агресивність у поведінці, зухвалість, обтяжені виконанням своїх функціональних обов'язків;
- ранній діагностиці психічних і функціональних розладів у стані здоров'я і поведженні кандидата, в т.ч. і нервових перевантажень й інших прихованих аспектів психіки.

Діагностика стресотійкості забезпечує більш адекватний відбір претендентів на операторські посади в командах для роботи з ДКП.

Програма інтегрована з Microsoft Office, забезпечує високу надійність тестування, не вимагає спеціальних знань у користувача, формує однозначну і чітку оцінку придатності кандидата для роботи з ДКП у вигляді нечіткого висновку, що дозволяє обходитись мінімальним розміром штату спеціалізованих працівників.

Практичне застосування методу і апаратно-програмного комплексу в значній мірі буде сприяти тому, до роботи з ДКП не потраплять люди з неадекватною поведінкою, ненадійні, з фізичними обмеженнями, що в кінцевому результаті призведе до підвищення рівня професійної готовності, зменшить фінансові ризики і витрати, пов'язані з підготовкою операторів ДКП та оптимізує їх підготовку і професійну діяльність.

Процес відбору починається із проходження кандидатами 16-ти факторного тесту Кеттела, в результаті чого визначається поточний профіль кандидата, який порівнюється із профілями бази знань, що містить зразкові профілі по кожному із типів. Таке порівняння дає можливість визначити

відповідність отриманого профілю по тесту Кеттелла одній із чотирьох груп, що класифікують кандидатів наступним чином: I - придатні; II - більше придатні, чим не придатні; III - більше не придатні, чим придатні; IV - не придатні. Кандидати, що потрапили до IV групи –відсіюються.

Неоднозначна ситуація має місце в II і III групах, тому що наведений розподіл в частині випадків є досить умовним і тому дуже важливого значення набуває етап співбесіди, яку повинні проводити фахівці психологи, Особливе значення рівень співбесіди має для кандидатів, що потрапили до III групи для яких подальші тести мають вирішальне значення для формування загального висновку.

Важливим елементом будь-якої технології або системи в т.ч. і відбору кандидатів на відповідні напрямки роботи і посади є визначення кореляції із результатами іншого тесту, аналогічного тому, що використовується. Визначення кореляції суттєво підвищує надійність відбору, зменшує кількість випадкових або неадекватних оцінок чи результатів тощо.

2.4 Визначення особистісних якостей та просторового мислення кандидата в оператори ДКП.

Протягом останніх десятиліть для оцінки психологічних показників особистості використовують 16- ти факторний опитувальник Кеттелла. Методика багатфакторного дослідження особистості Р.Кеттелла (16 PF-опитувальник) спрямована на вимірювання 16 факторів особистості, є реалізацією підходу до дослідження особистості на основі рис (на відмінну від типологічного підходу). Згідно з теорією рис особистість характеризується переліком базових якостей – особистісних рис. Різні дослідники виділяють різну кількість рис, що, на їх думку повністю описують особистість: Риси об'єднують тісно пов'язані між собою групи особистісних якостей і виступають як інтегральні характеристики цих груп якостей [50].

Опитувальник Кеттелла – одна з найбільш відомих багатофакторних методик, що дозволяє провести дослідження особистості за 16 факторами [54], [55].

Зведемо основні професійно важливі якості оператора ДКП і відповідні фактори які визначаються за опитувальником Кеттелла у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Відповідність найбільш професійно важливих якостей оператора ДКП і факторів 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

Тобто у опитувальнику Кеттелла є фактори які відповідають основним професійно-важливим якостям оператора ДКП. Інші фактори Кеттелла також відповідають за важливі психологічні показники тому їх обов’язково потрібно враховувати у процесі відбору операторів ДКП.

При обробці результатів оцінки особистих якостей операторів ДКП завжди виникатиме деяка степінь нечіткості, тому для побудови моделі оцінки професійно-важливих якостей використаємо математичний апарат нечіткої логіки [23], [33], [55].

На рис 2.3 представлено схематичну модель[33], яка дозволяє отримати на основі результатів тестування об’єктивну оцінку того в якій мірі особистісні якості кандидата відповідають посаді оператора дистанційно-

керованих пристроїв. В процесі формування математичної моделі прийняття рішень про відбір кандидата на вакансії були здійснені наступні етапи, представлені на рис 2.3. Нижче наведено зміст кожного з етапів [33].



Рисунок 2.3 – Етапи побудови математичної моделі оцінки особистісних якостей кандидата на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв

Етап 1: На основі матеріалів розглянутих у першому розділі дисертації обрано тест комплексної оцінки – опитувальник Кеттела, який дозволяє оцінити якість володіння особистісними якостями.

Етап 2: Визначення особистісних якостей, для професії оператора дистанційно-керованих пристроїв.

Етап 3: Методом експертної оцінки визначені оптимальні степені володіння особистісними якостями для діяльності оператором дистанційно – керованих пристроїв. Для цього була сформована група експертів із 5 людей. Експертами пропонувалось присвоїти коефіцієнти важливості для данної сфери діяльності (в діапазоні від 0 до 1) і визначити оптимальні ступені

володіння даними якостями (в діапазоні від 1 до 10). Далі в математичній моделі відбору кандидата на вакансію прийнято рішення використовувати медіану як найбільш стійку відносно різко виражених спостережень.

Результуючі ваги важливості кожного фактора отримані методом нормування у відповідності з якими спочатку розраховуються відносні ваги важливості для кожного експерта, щоб згладити їх відмінності у сприйнятті і привести оцінки до єдиної шкали, а потім результуючі ваги [33].

При цьому сума ваги важливості 16-ти факторів стає рівною одиниці.

Відносна вага j – го фактора на основі оцінки i -го експерта може бути отримана із виразу [33]

$$w_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{j=1}^{16} b_{ij}} \quad (2.1)$$

де b_{ij} - важливість j -го фактора для i -го експерта. Результуюча вага j – фактора має вигляд [33]

$$W_j = \frac{\sum_{i=1}^m w_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{16} w_{ij}} \quad (2.2)$$

Узгодженість експертів в кожній групі визначалась з допомогою коефіцієнта конкордації Кендела, який рівний [33]

$$W(m) = \frac{12}{m^2(n^3 - n)} \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m x_i^{(k_j)} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2 = 0,82$$

Математичне очікування [33]

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{m}, \quad (2.3)$$

де x_{ij} оптимальна ступінь володіння j -м фактором на основі оцінки i -го експерта, m -кількість експертів.

Медіана обчислюється як центральний член варіаційного ряду, якщо кількість членів ряду непарна, і як середнє арифметичне двох центральних членів ряду, якщо n -парна. Відповідно [33]:

$$X_{\text{med}} = X_{(R)}, \quad (2.4)$$

де R-ранг порядкової статистики і визначається як $R=0.5*(n+1)$ при n непарному. При n парному [34]

$$X_{med} = (X_{(\frac{n+1}{2})} + X_{(\frac{n}{2})})/2 \quad (2.5)$$

Етап 4: На базі отриманих результатів з використанням апарата нечітких множин розроблена математична модель оптимізації відбору кандидата на посаду оператора дистанційно-керуваних пристроїв.

Математична модель дозволяє прийняти рішення про вибір найкращого кандидата на основі порівняння кожного здобувача з ідеальними профілем робітника з врахуванням важливості якостей особистості для роботи оператором дистанційно-керуваних пристроїв.

В данній моделі $X_1, X_2 \dots X_n$ – список кандидатів на вакансію – складові нечіткі змінні(4), компонентами яких є $x_{ij}, x_{i2}, \dots, x_{i20}$ – особистісні фактори і-го кандидата (також нечіткі змінні: інтелект, емоційна стійкість, рівень дрібної моторики та інші).

Степені володіння даними особистісними якостями визначаються з допомогою теста Кеттела і змінюються від 1 до 10. Діапазон від 1 до 10 складає множину можливих значень x_{ij} і є універсальною множиною U , при цьому u (загальне позначення елементів множини U) вважається базовою змінною для x_{ij} [33].

Використовуючи визначену експертним методом оптимальну ступінь володіння особистісними факторами, формуємо обмеження – нечіткі множини $R(x_{ij})$, які є вимогами до кандидата. Вони ставлять у відповідність кожному з можливих значень x_{ij} міру приналежності підмножині $R(x_{ij})$. Ця міра, з якою задовольняється обмеження R , називається сумісністю значення u з R і позначається $c_{ij}(u)$ [33].

Позначимо оптимальну ступінь володіння j-фактором як u_j^* . Тоді нечітке обмеження $R(x_{ij})$, для і-го кандидата і j-го особистісного фактора визначається із виразу [33]:

$$c_{x_{ij}}(u) = \begin{cases} 1 - \frac{|u-u_j^*|}{11-u}, & u < 5 \\ 1 - \frac{|u-u_j^*|}{u}, & u \geq 5 \end{cases} \quad (2.6)$$

Дане рівняння дозволяє визначити величину $c_{x_{ij}}(u)$ – сумісність значення u з обмеженням $R(x_{ij})$ шляхом підстановки відповідних u та u_j^* для кожного фактора.

Визначимо визначені експертним методом ваги важливості кожної особистісної характеристики як W_j . Тоді степінь відповідності ідеальному оператору (позначим її як СВІО) може бути отримана за формулою:

$$CBIO = \sum_{j=1}^{16} c_{x_{ij}}(u) W_j \quad (2.7)$$

де СВІО=[0;1] – степінь відповідності ідеальному оператору, W_j , $j=[1;16]$ ваги (важливість) кожного із компонентів X_i – кожного із 16 оцінюваних якостей i -го кандидата. $c_{x_{ij}}(u)$ – міра відповідності j – компонента X_i нечіткому обмеженню $R(x_{ij})$ на цей компонент для i -го кандидата. Максимальне значення величини СВІО дорівнює 1, так як чим ближче значення до 1, тим більше кандидат відповідає профілю ідеального оператора. По бажанню в модель можна також додати необхідні умови (мінімальний рівень володіння однією з якостей), які перевіряються в першу чергу. Наприклад, ступінь відповідності обмеженню на якусь із якостей повинна бути не менше 0, 5, тобто $c_{x_{ij}}(u) \geq 0,5$.

Для приведення показника психологічної відповідності до системи нечіткої логіки здійснимо процедуру фазифікації відповідно до графіка на рис.

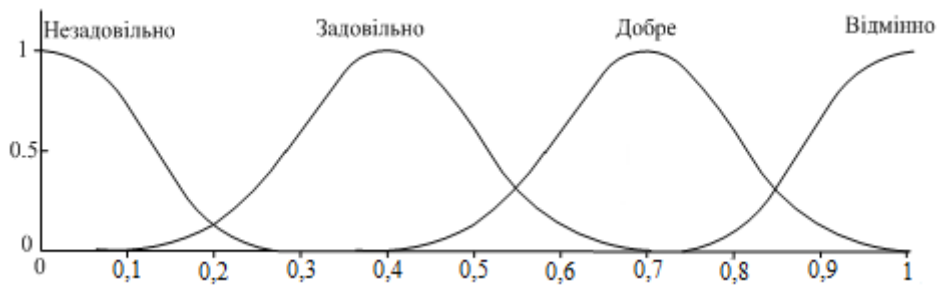


Рисунок 2.4 – Функції належності та терми лінгвістичної змінної
«Психологічні якості»

2.4.1 Визначення просторового мислення

Існує велика кількість тестів для оцінки просторової уяви. Частина із них реалізована програмно, тому для використання у апаратно-програмному засобі відбору операторів ДКП використаємо один із таких тестів.

Обираємо тест у складі якого окремим блоком виділено визначення просторового мислення. У тесті інтелекту Амтхауера є 7 блоків питань по 20 питань у кожному оцінювання, кожен блок відповідає за певну область інтелекту та може окремо використовуватись.

Для оцінки просторового мислення за кожен вірну відповідь дається один бал потім сума підраховується та порівнюється з кількістю питань у блоці.

Першим етапом роботи при підрахунку результатів є оцінка роботи кандидата за приведеним нижче ключем. Тобто успішність вирішення окремих субтестів (абсолютний і відносний показник) – сума правильних відповідей за кожний субтест, або загальна сума вірних відповідей за всі завдання тесту. Відносний показник (%) визначається для кожного субтеста. Наприклад кандидат по субтесту 7 отримав 16 балів. 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.[20]

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.

Оцінка наведених у завданнях елементів просторової уяви матиме наслідком визначення власне не лише просторової уяви, а й правильності підбраної методики її оцінювання та дасть можливість більш точно оцінити результати тестів.

Для використання у системі нечіткої логіки потрібно здійснити операцію фазифікації показника розвитку просторового мислення відповідно до графіка зображеного на рис. 2.5

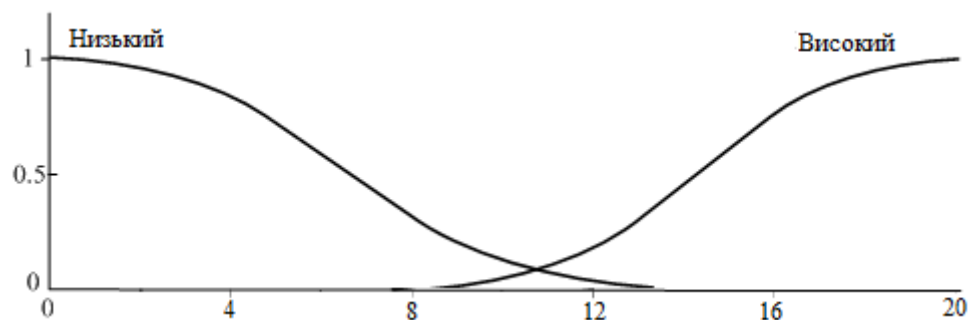


Рисунок 2.5 – Функції належності та терми лінгвістичної змінної «Рівень просторового мислення»

2.5 Метод визначення рівня розвитку м'якої моторики кандидата в оператори ДКП

Рівень розвитку дрібної моторики є одним із основних психофізіологічних показників які необхідно визначати під час відбору операторів ДКП [56].

У праці [13] наведено метод визначення дрібної моторики який дозволяє оцінити моторику кисті в цілому але для керування ДКП використовують пульти із важелями які керуються великими пальцями руки (у більшості випадків). Це обмеження усунуто у пристрої описаному у [57], розглянемо метод який використано у данному пристрої більш детально.

Спосіб реалізується наступним чином: спочатку вносять реєстраційні дані учасника після чого розпочинається тестування. Тестування проводиться із різними типами геометричних фігур. Огляд геометричних фігур для тестування наведено у роботах [58], [59]. Визначення рівня дрібної моторики операторів ДКП здійснюватимемо із використанням прямих ліній та кола. Першими виконуються завдання у вигляді прямих. Тестові прямі є графіком лінійної функції:

$$\begin{cases} x(t) = x_1 + (x_2 - x_1) \cdot t; \\ y(t) = y_1 + (y_2 - y_1) \cdot t, \end{cases} \quad (2.8)$$

де t – параметр рівняння прямої ($t \in [0; 1]$);

x_1, x_2 – координати крайніх точок відрізка по осі абсцис ($x_1, x_2 \in [0; Width)$), $Width$ – ширина робочого вікна;

y_1, y_2 – координати крайніх точок відрізка по осі ординат ($y_1, y_2 \in [0; Height)$), $Height$ – висота робочого вікна.

Для лінійних завдань, щоб визначити відхилення отриманої кривої від заданої використовують метод трапеції для визначення площі підінтегральної функції.

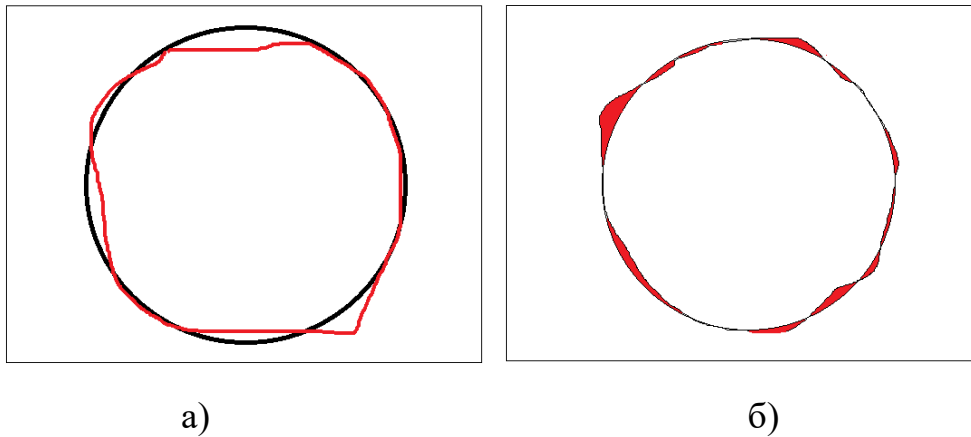


Рисунок 2.7 – Варіант графічного нелінійного завдання а) та визначення точності фігур - б)

Для нелінійних завдань визначення відхилення отриманої кривої від заданої використовують різницю у довжинах цих ліній.

Після цього кандидат виконує динамічні завдання. Шаплони цих завдань будуються шляхом генерації випадкових координат точок кривої яку учаснику тестування необхідно відтворити. При цьому час відображення точок кривої обмежений.

Для визначення максимального відхилення здійснюють порівняння відхилення отриманої кривої від зразкової в кожній точці зразкової кривої.

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 критерії точності виконання завдань(Т) та оцінку рівня розвитку рухових навиків(Р)[13]:

$$T=A/B; \quad (2.10)$$

$$P=T \cdot (B+C) \quad (2.11).$$

Після виконання тестових завдань на екрані монітора відображаються показники Р, Т і максимального відхилення. На основі цих значень визначають рівень розвитку дрібної моторики у осіб які прагнуть працювати оператором дистанційн-керованих пристроїв. Таким чином, спосіб дає можливість оцінити рівень розвитку дрібної моторики необхідний для роботи оператором дистанційно-керованих пристроїв.

Для використання у системі нечіткої логіки потрібно здійснити операцію фазифікації показника розвитку дрібної моторики відповідно до графіка зображеного на рис. 2.6.



Рисунок 2.6 – Функції належності та терми лінгвістичної змінної «Рівень розвитку дрібної моторики»

2.6 Визначення стресостійкості кандидата в оператори ДКП

Для визначення стресостійкості необхідно обрати метод який забезпечить мінімальну кількість показників, та буде відповідати критеріям функціональності та інформаційної повноти [60].

Стрес відбивається на діяльності багатьох систем організму. Відповідно методами функціональної діагностики можливо виявити та оцінити цей вплив [61].

Особливо відчувається вплив стресу на діяльність серцево-судинної системи. Під час оцінки показників серцево-судинної системи необхідно також враховувати і зміну її функціонування під впливом інших факторів, наприклад зміні рівня цукру в крові призводить до зміни периферійного кровотоку та показників дихання [62], [63].

Серед фізіологічних показників, що можливо використати для визначення стресостійкості обираємо показники фотоплетизмограми. Це обумовлено тим, що фотоплетизмограма легко піддається вимірюванню, проводиться неінвазивно, має велику кількість інформативних показників [64]. Порівняння фотоплетизмографічних методів реєстрації пульсової хвилі із іншими виконано у роботі [65]. Автори цієї роботи вказують, що переваги

фотоплетизмографії полягають у неінвазивності, експресності, високій точності, високій інформаційній ємності світлового поля, високій швидкості розповсюдження оптичних сигналів. Оптичне випромінювання є природним для організму і не викликає побічних ефектів. Для датчика фотоплетизмограми характерна простота конструкції та кріплення, відсутність впливу електромагнітних завад та можливість дослідження судин в будь-якій частині шкіри та слизових оболонок людського організму без стиснення тканин та інших впливів на тканини людини [65]. Фотоплетизмографія має також незначні недоліки, до яких можна віднести залежність показників фотоплетизмограми від особливостей шкіри людини, наявності пігментації, механічних пошкоджень на поверхні шкіри.

Порівняння фотоплетизмографії із іншими методами фіксації пульсової хвилі наведено у табл. 2.2 [65].

Таблиця 2.2 – Порівняльний аналіз методів реєстрації пульсограм

Метод реєстрації пульсограми	Характеристики методу					
	Оклюзія судин	Точність	Можливість подальшої обробки	Візуалізація сигналу	Можливість оцінювання параметрів	Використання для цілодобового моніторингу
Пряма сфїгмографія	ні	невисока	так	папір /екран	низька	так
Обємна сфїгмографія	так	невисока	так	папір /екран	висока	ні
Флебосфїгмографія	ні	висока	ні	папір /екран	низька	ні
Плетизмографія	ні	невисока	так	папір	низька	ні
Фотоплетизмографія	ні	висока	так	екран	висока	так
Реографія	ні	висока	так	папір /екран	висока	так

Використання тетраполярної реограми для оцінювання рівня стресу при виконанні операторських функцій в більшості випадків технічно неможливо реалізувати. Тому на практиці більш доцільно використовувати оцінку пульсової хвилі[16] форма якої відповідає формі тетраполярної реограми та хвилі психоемоційного стресу. Використання фотоплетизмограми дозволяє досліджувати периферійний кровотік, визначати стан судин і не потребує зондуючого струму, який може здійснювати вплив на організм людини[16].

Як бачимо з табл. 2.2 фотоплетизмограма має ряд переваг у порівнянні з іншими методами реєстрації пульсової хвилі, тому її доцільно використати для визначення стресостійкості операторів дистанційно-керованих пристроїв.

Для визначення стресостійкості за результатами фотоплетизмограми використаємо методику викладену у роботі [66]. Наведемо вигляд фотоплетизмограми на рис. 2.7.

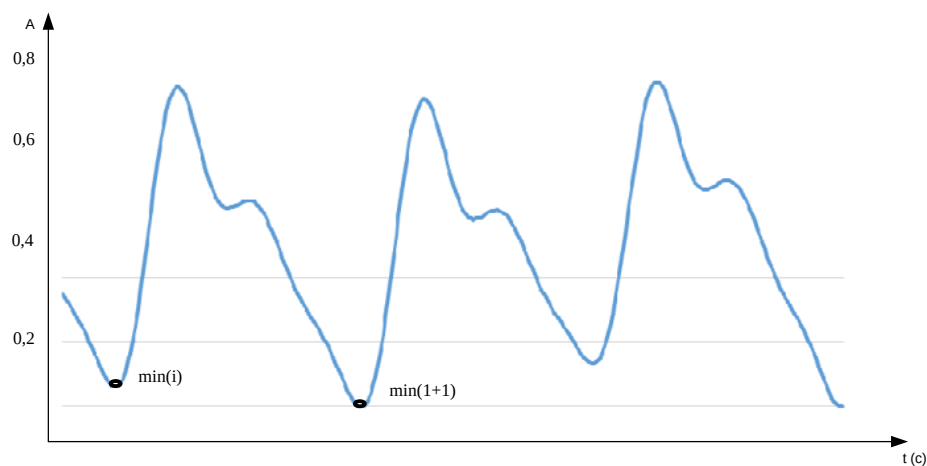


Рисунок 2.7 – Вигляд фотоплетизмограми

Параметри ФПГ визначаємо за наступним алгоритмом [66]. :

1. Знайти точку мінімуму (рис.2.7)

$$\min f(t_i) \in \{f(t_1), f(t_2), \dots, f(t_n)\}, \min f(t_i) < f(t)_{max} , \quad (2.12)$$

де $\min f(t_i)$ – мінімальне значення з множини, $f(t_1), f(t_2), \dots, f(t_n)$ – множина значень функції у конкретний момент часу, n – кількість значень, на

осі часу моменту знаходження наступного мінімального значення, $f(t)_{\max}$ – максимальне допустиме значення мінімуму функції.

На графіку фотоплетизмограми зображеному на рис. 2.7 ми бачим дві спадаючі ділянки, для визначення точки мінімуму функції у діапазоні мінімальних значень а не у зоні точки інцизури, де спостерігається наступна спадаюча ділянка фотоплетизмограми, запропоновано використовувати максимальне допустиме значення мінімуму функції $f(t)_{\max}$, значення якого визначено емпірично і дорівнює 0,2.

2. Знайти наступну точку мінімуму за формулою (2.12)

3. Знайти суму інтегралів кожного кардіоциклу[66].

$$\sum_{1}^{60} \int_{\min(i)}^{\min(i+1)} f(t)dt \quad (2.13)$$

де $f(t)dt$ – крива, що відповідає значенню пульсу в конкретний момент часу, $\min(i)$ – точка на осі абсцис, що відповідає найменшому значенню пульсу тобто початок кардіоциклу, $\min(i+1)$ – наступна точка мінімального значення пульсу. Значення $\min(i)$ та $\min(i+1)$ повинні бути менше граничного значення(0,2), щоб не спутати їх з точкою інцизури.

4. Використовуючи метод чисельного інтегрування трапеціями, рівняння знаходження інтегралу кожного кардіоциклу приймає наступний вид[66]:

$$\int_a^b f(t)dt \approx \left(\frac{f(a)+f(b)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} f(t_i) \right) \cdot h \quad (2.14)$$

де $f(a)$ – значення функції в першій точці мінімуму (початок кардіоциклу), $f(b)$ – значення функції в другій точці мінімуму (кінець кардіоциклу), $f(t_i)$ – значення функції в момент часу t_i , h – крок, з яким змінюється значення часу, n – кількість значень функцій на проміжку $(a;b)$.

5. Знаходимо середнє значення площі фігури, обмежену лінією пульсової хвилі кожного кардіоциклу та осями початку і кінця кардіоциклу[66].

$$S_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (2.15)$$

де S_i – значення площі фігури, для кожного окремого кардіоциклу, n – кількість кардіоциклів.

6. Проводимо порівняння отриманого значення $S_{\text{сер}}$ з попереднім значенням, і відповідно встановлюємо рівень відповідно до табл. 2.2

Так як найбільший відгук на стрес дає серцево-судинна система для оцінки стресостійкості використаємо оцінку показників адаптаційно-резервних можливостей [60] .

Таблиця 2.2 – Оцінки рівня АРМ

Оцінка показника АРМ	Значення	Рівень функціонування	Бали оцінки ФПГ (Б _ф)
Низька	1+41%	Незадовільна адаптація	0
Задовільна	1+11% - 1+40%	Напруження механізмів адаптації	2
Висока	1–(1+10%)	Задовільна адаптація	4

Оцінка значень ШГР

Вимірювання значення ШГР та оцінку триманих даних будемо виконувати відповідно до методики описаної у [67].

Одним із перспективних методів оцінки стану центральної нервової системи, що не потребує значних витрат, є дослідження електричного опору шкіри. Під дією зовнішніх чинників таких як: больові відчуття, нервово-психічного напруження, різних аферентних подразників (звук, світло)

спостерігаються різкі зміни в електричному опорі шкіри, що супроводжуються появою швидких коливань (фазична складова ШГР), які отримали назву шкірно-гальванічної реакції (ШГР) [16]. ШГР є вельми точним показником сенсорного і розумового збудження, що і дозволило визначити його для оцінювання рівня емоційного стресу. Крім фазичної складової яка є різким короткотривалим сплеском електричної активності шкіри існує тонова складова, реакція якої на зовнішній вплив більш інерційна (тривалістю одиниці хвили) і відповідає за загальне нервеве напруження. Іноді, в літературі можна зустріти дещо інші терміни, що характеризують цей процес, такі як шкірно-гальванічний опір (ШГО), електрична активність шкіри (ЕАШ). ШГР має дві складові – тонічну і фазичну, яка найчастіше використовується для оцінювання психічних процесів за амплітудою і латентним періодом.

Вимірювання значення ШГР та оцінку триманих даних будемо виконувати відповідно до методики описаної у [67]. Реєстрацію показників виконаємо за методом Фере. Після фіксації електродів у стані спокою фіксується типове значення ШГР кандидата. Під час проходження психологічного тестування оцінюються значення шкірно-гальванічної реакції в умовних одиницях у діапазоні від 0 до 10. [68].

Таблиця 2.3 – Рівень тривожності при значенні ШГР

Рівень тривожності	Зростання амплитуди ШГР(%)	Показники ШГР (у.о)	Бали оцінювання ШГР (Б _ш)
Високий	>50	> 3	0
Помірний	20-50	1,5 – 3,49	1
Низький	<20	<1,5	2

Щоб здійснити оцінку стресостійкості кандидата в оператори ДКП необхідно привести показники фотоплетизмограми та ШГР до нечіткої логіки. Для цього визначимо суму балів отриманих під час тестування за формулою

2.16 з урахування коефіцієнту зв'язку фізіологічної та психологічної компоненти

$$B_c = (B_{\phi} + B_{\psi}) \cdot k \quad (2.16)$$

де k – коефіцієнт зв'язку фізіологічної та психологічної компоненти.

Проведемо фазифікацію отриманих балів оцінки стресостійкості відповідно до графіка наведеного на рис. 2.9



Рисунок 2.9 – Функції належності та терми лінгвістичної змінної
«Стресостійкість»

Для визначення стресостійкості під час тестування здійснюється контроль шкіро-гальванічної реакції(ШГР) та фотоплетизмограми(ФПГ) [69]. ШГР є вельми точним показником сенсорного і розумового збудження, що і дозволило використати ШГР для оцінювання рівня емоційного стресу. ШГР є більш залежною від зовнішніх впливів та індивідуальних особливостей шкіри кожного кандидата тому її вага у визначенні стресостійкості менша у порівнянні із фотоплетизмограмою.

Використання фотоплетизмограми дозволяє досліджувати периферійний кровотік, визначати стан судин і не потребує зондування 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.2.10).

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

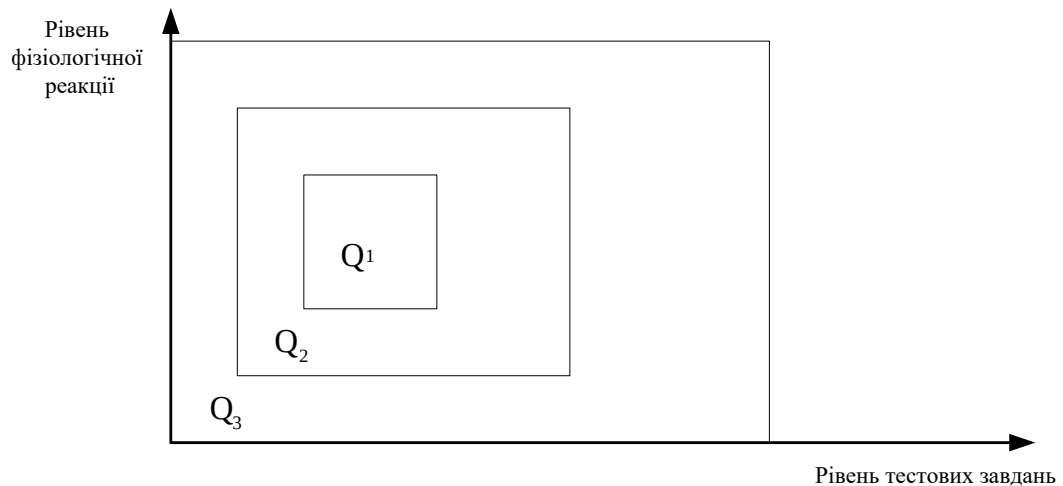


Рисунок 2.10 – Простір станів кандидата

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:

$$U(t) = \{u_1(t), u_2(t), \dots, u_k(t), \dots, u_e(t)\}, \quad (2.17)$$

$$V(t) = \{v_1(t), v_2(t), \dots, v_p(t), \dots, v_R(t)\}, \quad (2.18)$$

$$\Theta(t) = \{\theta_1(t), \theta_2(t), \dots, \theta_\gamma(t), \dots, \theta_s(t)\}. \quad (2.19)$$

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:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= f_1(x, u, v, \theta, t), \\ \frac{dx_2}{dt} &= f_2(x, u, v, \theta, t), \\ \frac{dx_n}{dt} &= f_n(x, u, v, \theta, t), \end{aligned} \quad (2.20)$$

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.

2.6.2. Розроблення архітектури (структури) системи збору даних для визначення рівня стресостійкості

З урахуванням умов наведених у попередньому розділі структурна схема біомедичної системи збору даних для визначення рівня стресостійкості матиме вигляд зображений на рис. 2.11.



Рисунок 2.11– Структурна схема біомедичної системи збору даних для визначення рівня стресостійкості

Для збору даних необхідних для оцінки стресостійкості використовуються сенсори фотоплетизмограми, шкіро гальванічної реакції, мікроконтролер та персональний комп'ютер. Для реєстрації фотоплетизмограми [53] використовується трансмісійний датчик. Після реєстрації і відповідної обробки фотоплетизмограми в мікроконтролері і ПЕОМ, лікар або психолог отримує частину показників, які характеризують рівень психоемоційного стресу: індекс стресу, часові та амплітудні показники стресостійкості, показник швидкості розвитку реакції тривоги і шоку тощо. Реєстрація шкірно-гальванічної реакції здійснюється за допомогою

стандартних електродів шляхом вимірювання провідності шкіри постійного струму [53] з наступним розділенням на тонічну та фазичну складові.

2.7 Структурна схема процесу оцінювання придатності кандидата в оператори ДКП з використанням нечіткої логіки

Протягом останніх років створюються комп'ютеризовані комплекси для професійного відбору. Використання таких комплексів значно полегшує роботу кадрових менеджерів підприємства та покращує якість його працівників.

У задачах відбору персоналу рідко зустрічаються числові характеристики кандидатів на вакансію, здебільшого використовуються лінгвістичні змінні, такі як: придатний; непридатний; частково придатний і т.д.

Для швидкого та результативного навчання на оператора ДКП необхідно, щоб кандидат мав високий рівень просторового мислення, адже при роботі з ДКП його контроль здійснюється візуально, зовні апарата, який може рухатись як до оператора так і від нього. Тому використання тестування образного мислення є необхідним при відборі операторів ДКП.

Тестування та відбір за основними психофізіологічними показниками такими як увага, образне мислення, врівноваженість, рівень розвитку дрібної моторики дозволить виявляти відповідність кандидата до вимог оператора ДКП та гарантувати його швидке й результативне навчання.

Схема для проведення такого відбору виглядає наступним чином:

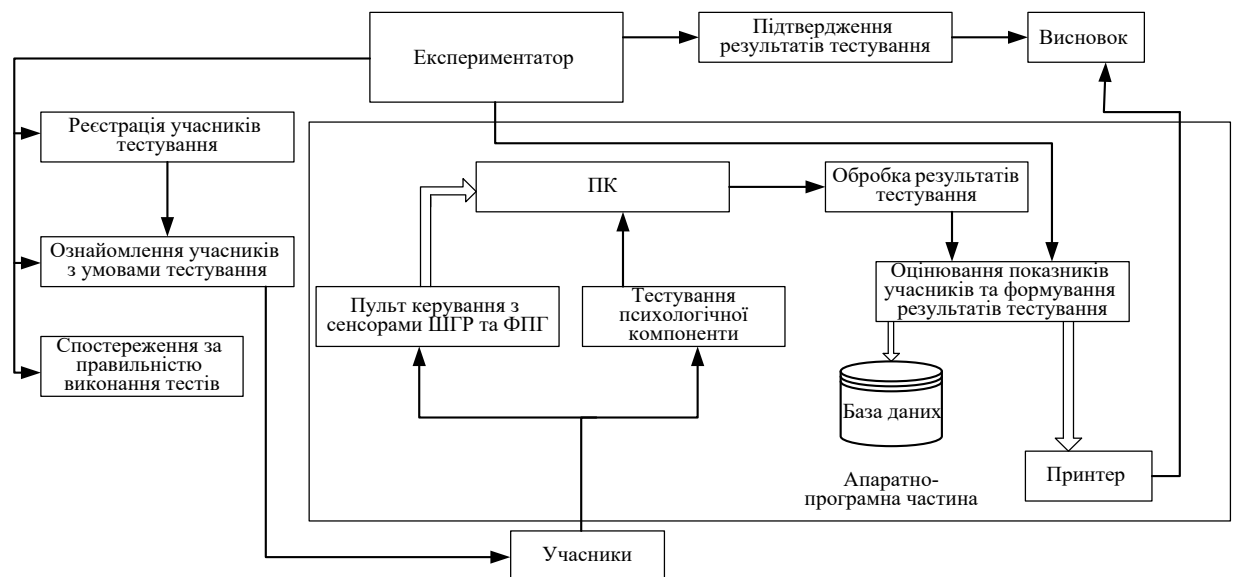


Рисунок 2.12 – Структурна схема процесу відбору операторів ДКП

Основним елементом для проведення такого тестування є персональний комп'ютер(ПК), який здійснює обробку отриманих результатів тестування дрібної моторики, образного мислення. Отримані результати тестування зберігаються у базі даних та виводяться для друку на принтер. 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 отримання результатів психологічного тестування;
- модуль роботи з послідовним інтерфейсом;
- модуль роботи з принтером;
- модуль комплексної оцінки психофізіологічної придатності для роботи оператором ДКП.

Для тестування дрібної моторики використовується пульт керування радіомоделями з вбудованими датчиками фотоплетизмограми та шкіро-гальванічної реакції. Для зв'язку з персональним комп'ютером у склад пульта вводиться інтерфейсний блок, який дозволяє передавати данні переміщення

органів керування та покази акселерометра через USB – інтерфейс до персонального комп'ютера.

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 вносити результати до бази даних.

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

Відбір за цією схемою відбувається наступним чином:

1 – відбувається реєстрація учасників та ознайомлення учасників із умовами відбору, особливостями роботи із пультами дистанційного керування БПЛА, часовими рамками виконання тестів.

2 – початок тестування, під час якого експериментатор слідкує за учасниками тестування та попереджує порушення умов виконання тестів.

3 – після проходження тестів результати тестування психологічної компоненти та дрібної моторики обробляють на ЕОМ та формується висновок чи придатний даний кандидат до роботи оператором ДКП, та яка посада найбільш повно відповідає показникам кандидата на даний час.

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

Для тестування психологічної компоненти використаємо тест Кетелла.

Алгоритм тестування виглядає наступним чином (рис. 2.13)

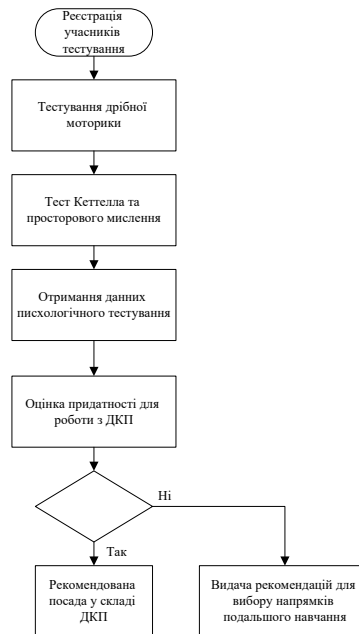


Рисунок 2.13 – Алгоритм визначення психофізіологічних показників кандидатів на навчання операторів ДКП

Для проходження тестування дрібної моторики необхідна спеціалізована апаратно-програмна частина, до складу якої входять: ПЕОМ, пульт керування радіомоделями з вбудованим акселерометром та інтерфейсом, що забезпечує зв'язок з ПЕОМ, спеціалізоване програмне забезпечення, яке дозволить відслідковувати рух флайстіків пульта керування та його положення у просторі. На основі даних з ПК БПЛА програма оцінює рівень дрібної моторики учасника керування, а покази акселерометра дають можливість оцінити наявність тремору кисті, а також сискинезії, які виникають в учасників при проходженні тестування.

2.8 Розроблення розробка процесу відбору оператора ДКП на основі нечіткої логіки

Для визначення придатності кандидата посаді оператора ДКП доцільно використати апарат нечіткої логіки, так як він є найбільш гнучким та

адаптованим для вирішення задач класифікації та систем підтримки прийняття рішень[23].

Використання автоматизованої системи для відбору операторів ДКП, є досить актуальною, оскільки на сьогодні не існує служби психологічного супроводження, та апаратного тестування осіб, що працюють з ДКП. Це призводить до відсутності можливості реально оцінити психофізіологічні та особистісні якості кандидата на посаду оператора ДКП.

Для реалізації системи нечіткого логічного висновку розроблену інформаційну модель необхідно розкласти на блоки та розробити частинні системи і вже потім об'єднати їх в одну, що дозволить зменшити ймовірність похибки і не проводити подальших обчислень при незадовільних первинних параметрах.

В залежності від значень наведених критеріїв здатність до операторської діяльності можна визначити за шкалою: відсутня, достатня, висока. Базу знань по визначенню рівня операторської компетентності приведено в таблиці 2.2.

При проходженні психофізіологічного відбору операторів ДКП є тест за опитувальником Кеттела, що найбільш широко описує психологічні риси характеру особистості.

Методом експертного оцінювання були визначені оптимальні ступені володіння особистісними якостями для даного виду діяльності, комбінація яких складає профіль ідеального працівника в даній професійній області. Методом експертного оцінювання також досліджено, якою мірою певні персональні якості важливі для успішної роботи в даній діяльності. Була сформована група експертів з 7-ми чоловік. До складу групи входили 2 психологи з досвідом роботи більше 5-ти років, 2 співробітники компанії яка надає послуги безпілотними літальними апаратами і 3 спортсмени авіамоделісти. У анкеті експертам пропонувалося привласнити значення коефіцієнтам важливості особистісних якостей для сфери операторської діяльності (у діапазоні від 0 до 1) і визначити оптимальні ступені володіння

даними якостями (у діапазоні від 1 до 10). Були обчислені середні показники узагальненої думки експертів щодо ступеня володіння і ваг важливості даних особистісних чинників. Далі в математичній моделі відбору оператора ДКП було ухвалено рішення використовувати медіану як стійкішу центральну тенденцію відносно спостережень, що різко виділяються. Підсумкові ваги важливості кожного чинника були отримані методом нормування, відповідно до якого, спочатку розраховуються відносні ваги важливості для кожного експерта, щоб згладити їх відмінності в сприйнятті питань і привести оцінки до єдиної шкали, а потім результуючі ваги. При цьому сума ваг важливості 16-ти чинників стає рівною одиниці.

Максимальне значення величини СВ дорівнює 1, тобто чим ближче до 1, тим більше відповідає кандидат вимогам зразкового оператора ДКП.

Даний метод визначення рівня відповідності психофізіологічних особливостей було використано для всіх запропонованих тестових методик, що дало можливість 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.

Нечіткий логічний висновок застосовується при моделюванні об'єктів з дискретним виходом (Рис. 2.14) [70],[71].

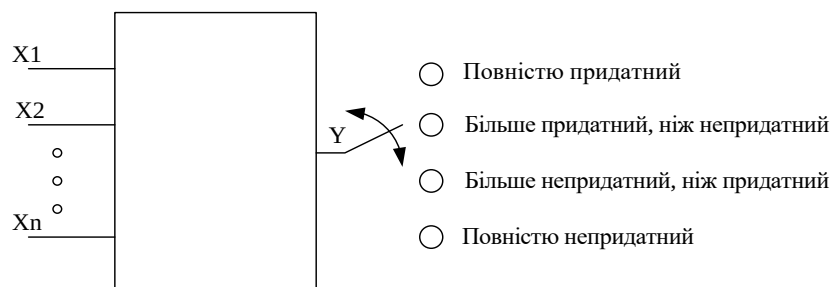


Рисунок 2.14 - Система класифікації з дискретними входами та виходами

Типова структура класичної системи нечіткого висновку показана на рис. 2.15. Вона включає такі модулі:

- *фазифікатор*, що перетворює фіксований вектор впливаючих чинників (X) у вектор нечітких множин $\tilde{X}$, необхідних для нечіткого виводу;
- *нечітку базу знань*, що містить інформацію про залежність $Y = f(X)$ у вигляді лінгвістичних правил <якщо - то>;
- *функції належності*, що використовуються для представлення лінгвістичних термів у вигляді нечітких множин;
- *машину нечіткого логічного виводу*, яка на основі правил бази знань визначає відповідність значень вихідних змінних у вигляді нечіткої множини $\tilde{Y}$, нечітким значенням вхідних змінних (X);
- *дефазифікатор*, перетворює вихідну нечітку множину $\tilde{Y}(X)$ в чітке число Y

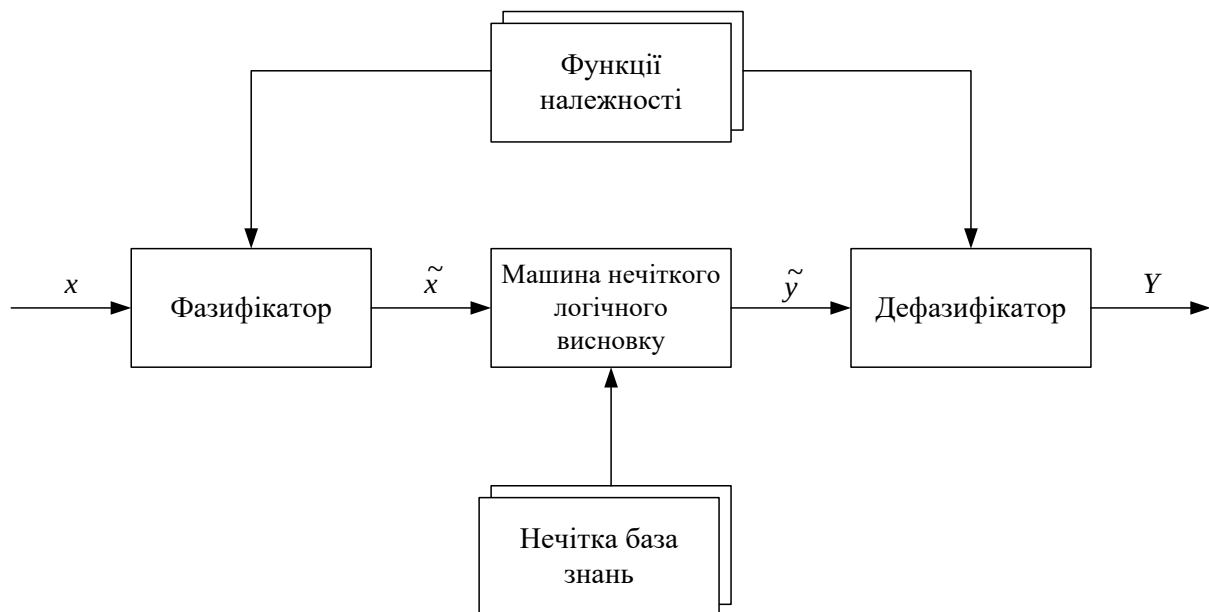


Рисунок 2.15 – Система нечіткого логічного висновку для задач класифікації

Розглянемо систему нечіткого логічного висновку для визначення рівня операторських здібностей, яку можна представити у вигляді нейро-нечіткої мережі – нейронної мережі прямого розповсюдження сигналу особливого типу. У нейро-нечіткій мережі використовується диференційована реалізація трикутних норм (множення та імовірнісне АБО), а також гладкі функції

належності. Це дозволяє застосовувати для настройки нейро-нечітких мереж швидкі алгоритми навчання нейронних мереж, засновані на методі зворотного розповсюдження помилки.

На першому етапі створення комплексу «Оператор ДКП», який забезпечує автоматизацію прийняття рішень з використанням апарату нечіткої логіки, правила для системи склалися експертами з власного досвіду, що дозволило створити з отриманих даних було створено базу знань, яку для подальшої формалізації та узгодження правил було оптимізовано.

Оптимізація, в даному випадку представляє собою процес знаходження таких параметрів функцій належності термів вхідних змінних і вагових коефіцієнтів правил, які мінімізують відхилення між бажаною і дійсною поведінкою нечіткого класифікатора на навчальній вибірці.

В ході дисертаційних досліджень було проведено оцінювання діяльності операторів ДКП за визначеною методикою. Паралельно зі стандартною методикою оцінювання професійних навичок, знань, вміння організувати роботу та виконати поставлене завдання, також проводилося психологічне тестування, що дозволило отримати та систематизувати основні критерії оцінки професійної діяльності, а також сформувати масив даних з результатами тестувань та відповідними оцінками експертів.

Процедура автоматичної побудови нечіткої системи типу Сугено експериментальних даних була виконана у програмному пакеті MatLab з використанням утиліти FuzzyToolBox.

Експериментальні дані записані у файлі expert.dat. Залежність між цими ознаками показана на рис. 2.16, де точки відповідають оцінкам. Поверхня отримана апроксимацією тривимірних даних.

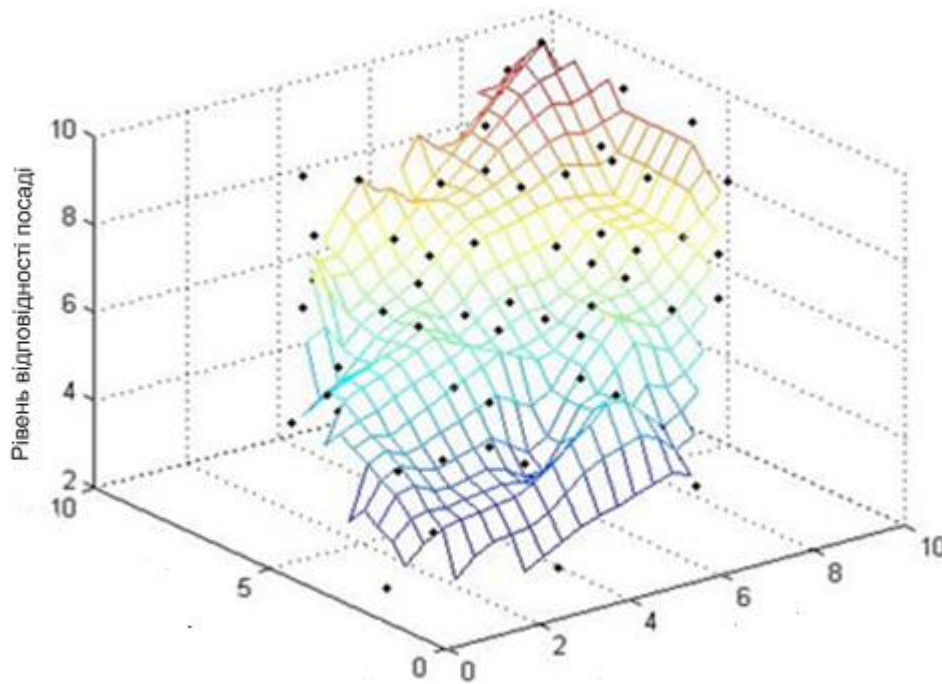


Рисунок 2.16 – Залежність якості професійної діяльності оператора ДКП від психологічних даних та рівня професійних навичок

У навчальну вибірку включимо 200 кандидатів на посаду оператора ДКП, а в тестову – 50. Для цього виконаємо наступні команди, по яких в робочій області формуються навчальна вибірка (`study_set`) і тестова вибірка (`test_set`):

```
mas = load('expert.dat');
candidate_number = length(mas);
test_index = [6:10:candidate_number 7:10:candidate_number];
study_index = setdiff(1:candidate_number, test_index);
study_set = mas(study_index, [1 3 4]);
test_set = mas(test_index, [1 3 4]).
```

Створимо початкову систему нечіткого виводу. По замовчуванню використовується простий метод ґратчастого розбиття (`Grid partition`), згідно якого функції належності нечітких термів рівномірно розподіляються всередині діапазону зміни даних. База знань розміщено у додатках дана таблиця містить утримує всі можливі варіанти правил.

Проведемо навчання нечіткої системи впродовж 25 ітерацій. Динаміка навчання виводиться в ANFIS-редакторы: вісь абсцис відповідає ітераціям алгоритму навчання, а вісь ординат – значенням середньої квадратичної помилки. Після настройки помилка навчання складає 0,061.

Для перевірки моделі на тестовій вибірці встановимо в полі **Test FIS** опцію **Testing data** і натиснемо **Test Now**.

На рис. 2.17 – 2.19 представлено зразки поверхні логічних висновків для правил нечіткого висновку сформованого за рахунок екстракції даних та навчання системи в ANFIS редакторі.

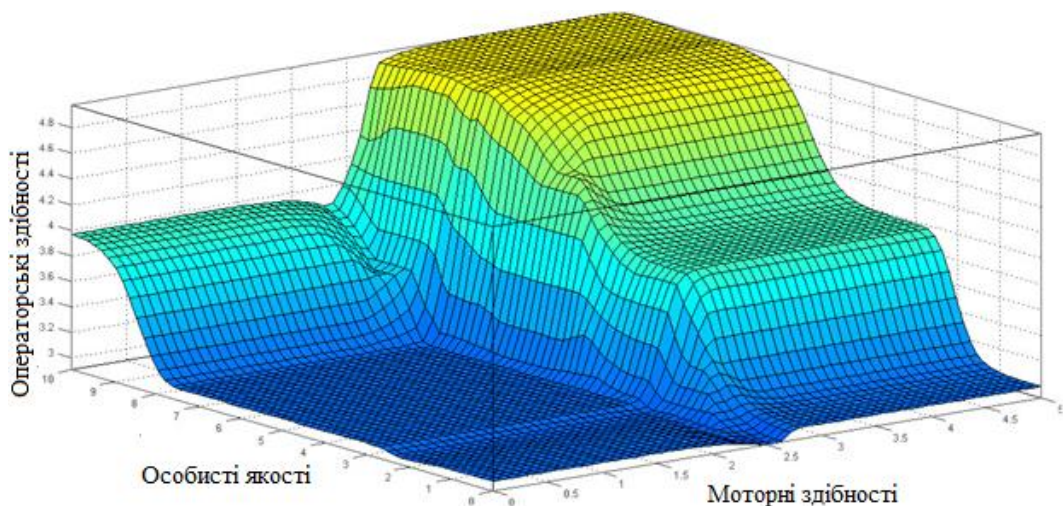


Рисунок 2.17 – Поверхня оптимізованого нечіткого логічного висновку залежності рівня операторських здібностей від особистих якостей та моторних здібностей

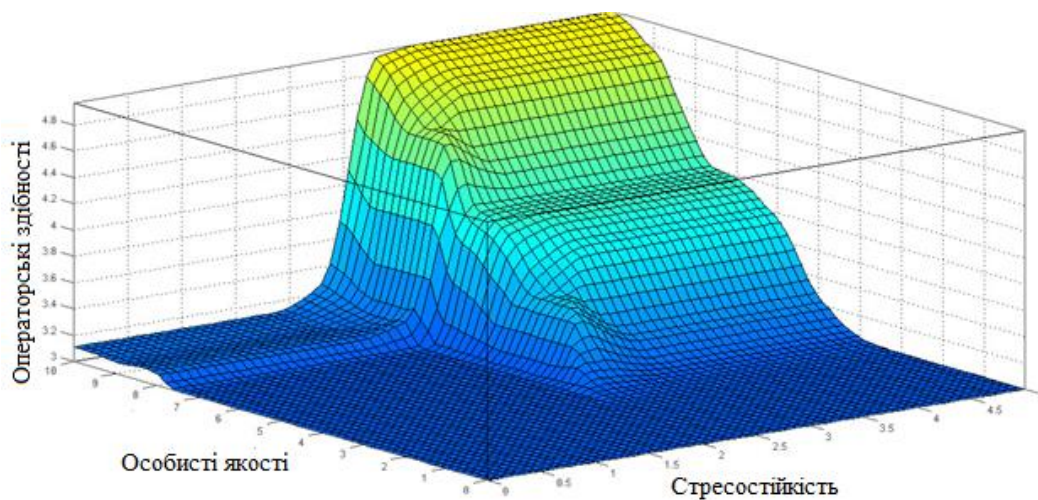


Рисунок 2.18 – Поверхня оптимізованого нечіткого логічного висновку залежності операторських здібностей від особистих якостей та стресостійкості

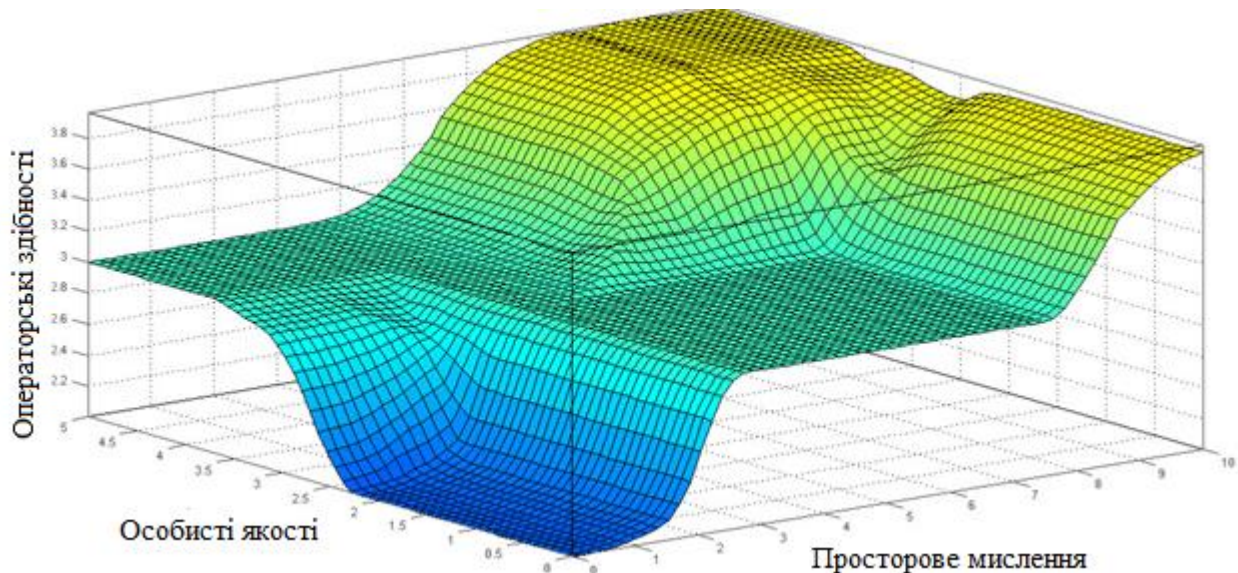


Рисунок 2.19 – Поверхня оптимізованого нечіткого логічного висновку залежності рівня операторських здібностей від особистих якостей та просторового мислення

Висновки до 2 розділу:

1. Вперше розроблена психофізіологічна модель кандидата в опертори ДКП на основі нечіткої логіки, що забезпечує якісний багаторівневий відбір кандидатів на операторську діяльність з урахуванням результатів психічної

діагностики, визначення рівня стресостійкості, просторового мислення та розвитку дрібної моторики.

2. Запропоновано метод відбору операторів ДКП у вигляді програмного комплексу та узагальненого алгоритму для автоматизації кадрового супроводження і процесу збору, аналізу та оцінювання результатів відбору, професійної підготовки і діяльності операторів ДКП.

3. Запропоновано нечітку модель логічного висновку яка дозволяє здійснювати психофізіологічний відбір операторів дистанційно-керованих пристроїв.

Основні наукові результати опубліковано в [46], [47], [51], [56], [57], [61], [62], [63].

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ (АПЗ) ДЛЯ ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ ДКП

У даному розділі відображено процес розробки основних модулів програмного забезпечення. Наводиться структура бази даних розробленого засобу та реалізація модулів психологічного тестування та визначення рівня дрібної моторики.

Здійснено вибір електронних модулів призначених для вимірювання показників фотоплетизмограми та шкіро-гальванічної реакції, для узгодження інтерфейсів персонального комп'ютера та модулів визначення фізіологічних показників здійснено вибір модуля попередньої обробки та передачі даних.

3.1 Організація бази даних апаратно-програмного засобу для відбору операторів ДКП

Для автоматизації процесу роботи із кандидатами на посаду оператора дистанційно-керованих пристроїв необхідно використати базу даних у полях якої буде зберігатись загальна інформація про кандидата та результати його тестів. Базу даних кандидатів створено з використанням сервера баз даних MySQL, який є швидкодіючим, простим і надійним сервером баз даних SQL[72].

База даних кандидатів на операторську діяльність побудована по принципу дворівневих баз даних. Вона розроблена за технологією реляційних баз і включає в себе 10 таблиць. Кожна з них призначена для зберігання певного набору даних.

Кожен кандидат представлений окремим записом у базі даних (рис 3.1). В комірках таблиці тестів зберігаються вже оброблені результати тестування, з якими необхідно здійснити лише операцію інтерпретації. Це значно підвищує мобільність бази даних, її компактність і швидкодію. Для організації зв'язку між таблицями використовується спеціальне індексоване поле "IDnomer". В

полі IDномер” типу int(11) зберігається унікальний ідентифікатор, який присвоюється кожному кандидату на операторську діяльність. За цим номером здійснюється співвідношення між стрічками таблиці «Особисті дані» і підрядними таблицями результатів тестування. Ця прив’язка організована по принципу «один-до-багатьох», у цьому випадку один запис в головній таблиці має зв’язок з багатьма записами в підрядній таблиці. Таким чином забезпечується можливість кількаразового тестування по одній і тій самій методиці для кандидата.

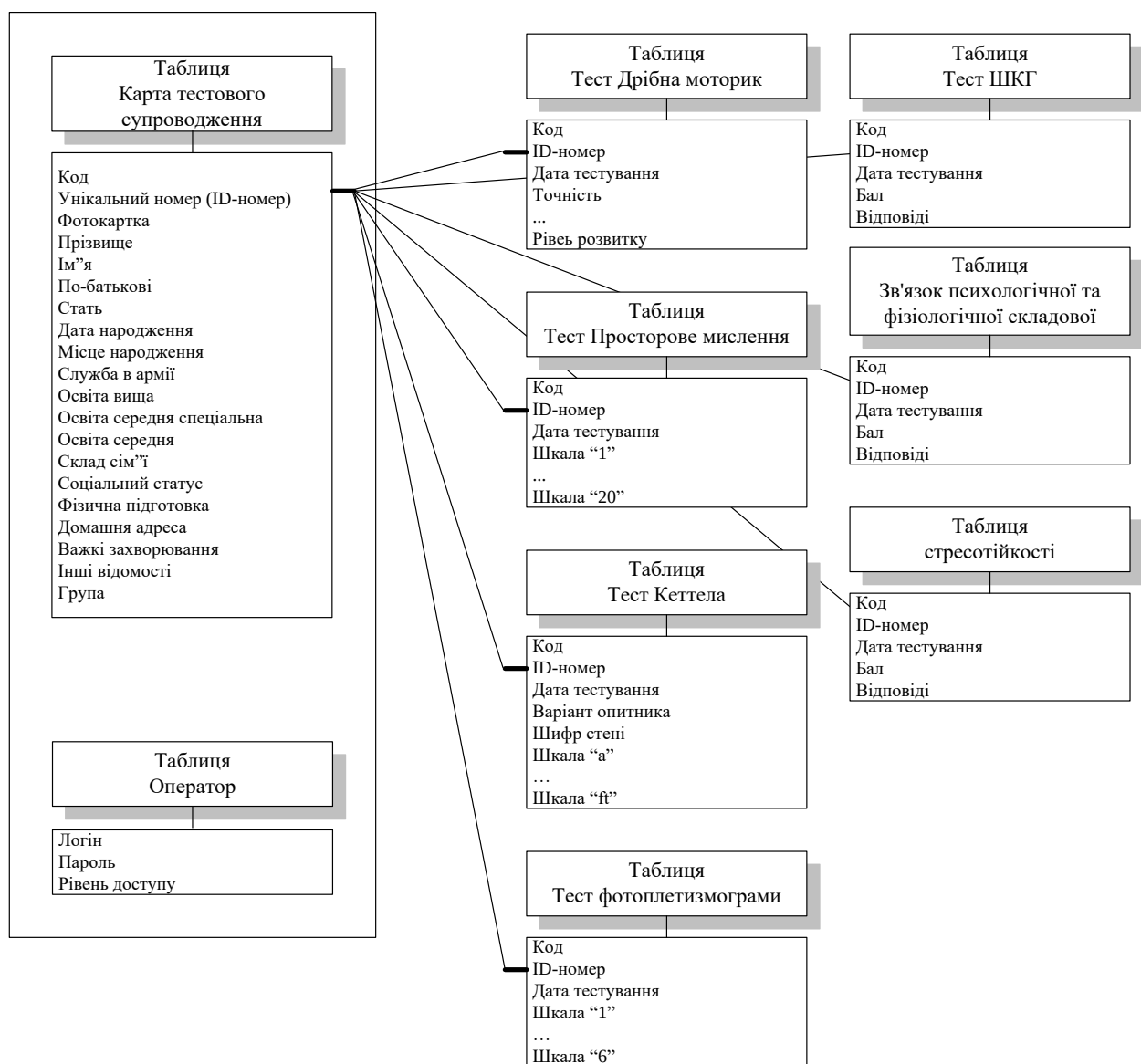


Рисунок 3.1 - Структурна схема бази даних кандидатів

Таблиця 3.1 - Типи даних полів в MySQL [72]

Назва поля	Опис поля
numeric (decimal)	Ці типи даних призначені для зберігання чисел з плаваючою крапкою.
integer	Має розмір 4 байти і може зберігати ці лічисла до 2^{32}
tinyint	розмір зберігання в один байт і відповідно зберігає числа від 1 до 127 (один байт показує додатнє чи відємне число);
smallint	діапазон цілих значень в два байти;
mediumint	діапазон цілих значень в три байти;
bigint	найбільший тип цілих чисел розміром вісім байт.
float	Це числа з плаваючою крапкою із звичайною точністю (4 байти). Представляють числа в діапазоні від $1,18 \cdot 10^{-38}$ до $3,4 \cdot 10^{38}$.
double	Числа з плаваючою точкою подвійної точності (8 байтів). Діапазон значень $\pm 10^{308}$
char	Використовується для зберігання символьних рядків фіксованої довжини. Максимальна довжина поля даного типу 255 символів.
varchar	Призначений для зберігання рядків змінної довжини.
text і blob	Використовуються для зберігання великих фрагментів тексту.
enum	Дозволяє перерахувати набір можливих значень для введення в полі і зберігає тільки одне значення з представленого списку. наприклад, enum('m','a','z').
set	цей тип схожий на тип enum, але дозволяє зберігати декілька значень із списку значень в полі.
date	Застосовується для зберігання дат у форматі(р-м-д)
time	Зберігає час у вигляді (г:хв:с)
datetime	Об'єднує два попередні типи: формат наступний р:м:д г:хв:с.
year	тип поля містить значення року.

Таблиця «Оператор» (табл. 3.2). В таблиці знаходяться логіни та паролі, які необхідні для ідентифікації користувача. Всі ці дані зберігаються в зашифрованому вигляді для максимального захисту від несанкціонованого доступу.

Таблиця 3.2 - Типи полів таблиці «Оператор»

Назва поля	Тип поля	Примітка
Id	int(11)	Автоінкремент, унікальне значення
login	varchar(50)	-
password	varchar(50)	-

Таблиця «Карта кандидата». Це головна таблиця, яка містить 15 полів. До неї входять анкетні, біографічні дані і якісні властивості кандидатів на операторську діяльність. Деякі відмітки мають одне додаткове поле бінарного типу, яке може приймати значення «так» або «ні». Для прикладу відмітка про вищу освіту займає два поля - логічне і текстове, в якому описується який саме ВУЗ закінчив кандидат, коли і т.д. Це введено з метою спростити роботу програмного засобу і підвищити його надійність. Також в картці є поле «photo» де зберігаються фотокартки кандидатів в графічних форматах - *.bmp, *.jpg, *.gif.

Таблиці результатів тестування за методиками Кеттела, побудовано за аналогічною схемою. Їх мета – зберігання результатів тестування для подальшого аналізу. Кожна з цих таблиць має поле «IDnumber» - ідентифікатор кандидата, поле дати тестування і необхідну кількість полів для відповідних результатів тестування.

3.2 Побудова процедури тестування

Правильно побудова процедури тестування є необхідною складовою для використання тестових методик які використовуються у апаратно-програмному комплексі [73]. Процес тестування проходить в кілька етапів

(рис. 3.2). Спочатку вводяться вхідні дані кандидата і присвоюється йому унікальний ідентифікаційний номер за яким він буде супроводжуватись в базі даних. За допомогою ідентифікатора відбувається прив'язка до кандидата, історії і результатів його тестування. Це дозволяє забезпечити анонімність процесу тестування.

Кандидат який має анкету та ідентифікаційний номер у базі даних має можливість коректно пройти процес тестування. Першим кроком він проходить тест Кеттела, який складається із 187 питань і дозволяє оцінити психологічні особливості кандидата на операторську діяльність. У випадку незадовільного результату тесту кандидат відсіюється як непридатний до операторської діяльності, про що формується відповідне резюме з вказанням причини відсіювання.

Наступний крок – визначення рівня розвитку дрібної моторики інтелекту проводиться за допомогою підпрограми, до якого входить блок графічних завдань які має виконати кандидат з врахуванням часу виконання кожного завдання. Рівень розвитку дрібної моторики, який оцінюється за чотирма рівнями (відмінно, добре, задовільно або незадовільно) є одним із основних показників для операторів ДКП. Результати визначення рівня розвитку дрібної моторики зберігаються і відповідних полях таблиці тестового супроводження.

Під час тестування психологічної компоненти та визначення рівня розвитку дрібної моторики відбувається фіксація показників фотоплетизмограми та шкіро-гальванічної реакції, які зберігаються у окремих файлах, далі дані із цих файлів використовуються для розрахунків стресостійкості та зберігаються у відповідних полях таблиці тестового супроводження.

Всі результати психодіагностики та визначення рівня розвитку дрібної моторики і стресотійкості фіксуються в „Картці тестового супроводження”. Відповідно після проходження повної процедури тестування можливо сформулювати інтегральне резюме. При появі незадовільних результатів тестування можливе дострокове припинення процесу тестування.

При необхідності є можливість пройти окремі тести. Кожен з тестів відповідає за визначення певних ознак.

Всі дані, зібрані після проходження тестів фіксуються в базі даних. Отримати доступ до історії тестів і їх результатів можливо з модуля „Карті тестового супроводження”. В цьому ж модулі є можливість перегляду цих даних, їх аналізу і формування інтегрального резюме.

Схема проходження одиничної тестової методики представлена на рис.3.2.



Рисунок 3.2 – Послідовність проходження тесту кандидатом в оператори ДКП

Після вибору кандидата відбувається виведення інструкції по даному тесту. В інструкції докладно описано характер тесту і висвітлені моменти, які необхідно знати для того, щоб процес тестування не викликав проблем у кандидата. Характер тесту залежить від методики – це може бути як текстове питання з кількома варіантами відповідей, так і графічний малюнок або проста задача..

3.3 Розробка програмного забезпечення засобу відбору операторів ДКП

Розробку програмної складової апаратно-програмного засобу відбору операторів ДКП необхідно розробляти з використанням сучасних інструментів програмування. Обиремо середовище Microsoft Visual C++2017 для розробки програмного забезпечення [74]. Дане середовище підтримує мову програмування C++ [75], [76]. Та дозволяє швидко реалізувати необхідний графічний інтерфейс користувача.

3.3.1. Основні вимоги до програмної складової апаратно-програмного засобу

Як інструментальний засіб доцільно використовувати систему комп'ютерного тестування, яка задовольняє наступні вимоги:

- простота підготовки тестових завдань (завдання можуть ставитися операторами-психологами, які в мінімальному обсязі обізнані з комп'ютером) ;
- зручна система управління базами даних (видалення, додавання респондентів, об'єднання баз завдань, їх експортування, редагування);
- наявність систем збору й обробки статистичної інформації з результатів тестування (для тих, кого тестують і для тестових завдань);
- легкість організації оперативного контролю над процесом тестування;
- зручні засоби рішення задач;
- компактність (система тестування повинна компактно розміщуватися на системному диску і передавати дані по мережі);

- низькі системні вимоги;
- ергономічність.

3.3.2 Реєстрація адміністраторів програмного комплексу

Реєстрація адміністраторів дозволяє визначити всіх користувачів апаратно-програмного засобу. Ця функція реалізується підпрограмою „Оператор”.

Запуск програми здійснюється після натискання відповідного ярлика або у групі програм: „Пуск” – „Программы”

В поле, яке з’явилося необхідно ввести свій особистий логін і пароль. Логін (LogIn) – ім’я користувача, повинно бути пов’язане з особистістю користувача та не містити пробілів і знаків табуляції; пароль (Password) – бажано використовувати складний, який міститиме заголовні та прописні літера а також цифри. Логін і пароль використовуються при запуску програмного комплексу з метою запобігання несанкціонованого доступу до особистих даних кандидатів в оператори ДКП

Допуск до роботи з програмою „Оператор” повинен здійснювати лише керівник.

Після проходження ознайомлення з правилами тестування та реєстрації запускається процедура тестування психологічної складової. Вигляд результатів опитувальника Кеттелла наведено на рис. 3.3

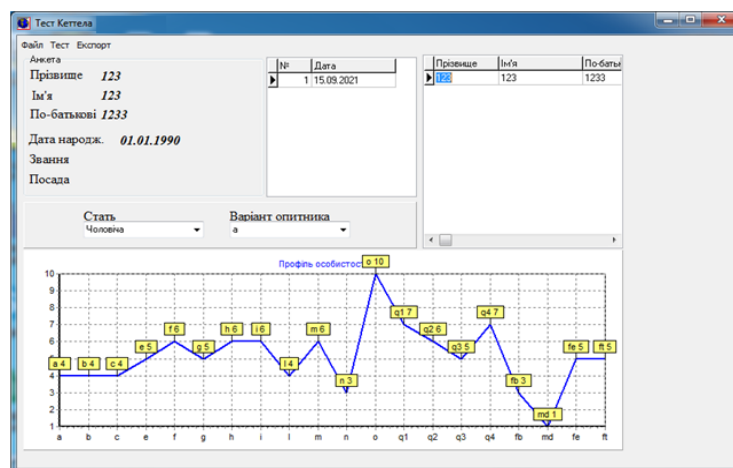


Рисунок 3.3 –Вигляд вікна результатів опитувальника Кеттелла

Після тестування психологічної складової відбувається тестування рівня розвитку дрібної моторики, та паралельно із цим відбувається фіксація показників фотоплетизмограми та шкіро гальванічної реакції. Вікно підпрограми для тестування дрібної моторики зображено на рис.3.4.

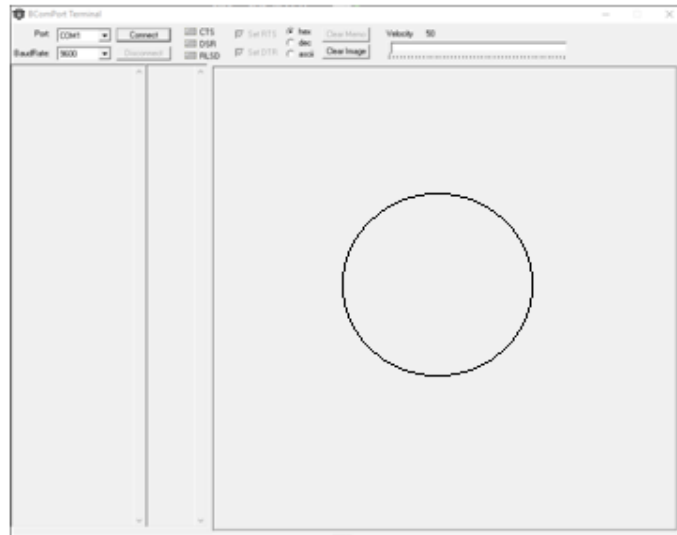


Рисунок 3.4 – Вікно підпрограми визначення рівня розвитку дрібної моторики

3.3.3 Карта тестового супроводження

У результаті проходження усіх тестів необхідним є створення інтегрального резюме придатності кандидата до операторської діяльності.

Підпрограма «Карта тестового супроводження» складається з трьох основних частин, які винесені на різні вкладки: «Біографічні дані», «Результати психодіагностики», «Інші результати

«Біографічні дані»: забезпечує відображення особистих даних кандидата;

«Результати психодіагностики»: дозволяє сформувати результати психологічного тестування кандидата та тестування його просторового мислення;

«Інші результати»: відображає рівень розвитку дрібної моторики, рівень стресостійкості та історію проходження тестування кандидатом. Обов'язкові для заповнення поля в картці: „№ картки” „Прізвище”, „Ім'я”, „По-батькові”, „Стать”, „Дата народження”, „Фізична підготовка”, „Соціальний стан”. Ці

поля необхідні для ідентифікації кандидата, формування інтегрального резюме, коректного пошуку кандидатів в базі даних.

У випадку збереження картки з одним або декількома пустими обов'язковими полями, програма автоматично проставить символ „_”. Дата народження встановиться 01.01.1990.

З програми можна керувати всіма основними функціями комплексу, перелік яких наведений в пункті 3.4.4.

А) Ідентифікація оператора

Після запуску програмного комплексу необхідна ідентифікація оператора програми. При першому запуску програми необхідно ввести ім'я користувача „User name” і пароль „Password”

Б) Робота з картою тестового супроводження

Якщо ідентифікація оператора пройшла успішно, на екран монітору виводиться вікно системи пошуку, якщо ні – програма повертається до ідентифікації оператора. Після успішного пошуку, відкриється програма Картка тестового супроводження кандидатів.

В картці тестового супроводження передбачені поля, без яких неможлива коректна робота програми і її складових – „Прізвище”, „Ім'я”, „Побатькові”, „Дата народження”.

3.4 Структурна схема апаратної частини засобу для відбору операторів ДКП

У другому розділі визначені необхідні психофізіологічні показники для визначення придатності кандидата для роботи оператором ДКП. Питання побудови пристроїв для визначення психофізіологічних показників розглянуті у [77], [78]. Розглянемо апаратне забезпечення, яке необхідне для визначення цих показників.

1. Психологічна складова – необхідний комп'ютер з технічними характеристиками які забезпечують високу продуктивність ОС

WINDOWS 7–10.

2. Рівень розвитку дрібної моторики – необхідний пульс керування радіомоделями та модуль фотоплетизмограми та шкіро-гальванічної реакції для визначення необхідних для оцінки стресотійкості показників під час тестування.
3. Рівень розвитку просторового мислення – необхідний комп'ютер з технічними характеристиками які забезпечують високу продуктивність ОС WINDOWS 7 -10.
4. Рівень стресотійкості – необхідні сенсор шкіро гальванічної реакції та фотоплетизмограф

Для ідентифікації особи у даному апаратному засобі запропоновано сучасний метод ідентифікації з використанням рисунку вен долоні людини [76].

Крім перелічених вище складових для узгодження інтерфейсів різних пристроїв та передачі інформації з них до персонального комп'ютера необхідний модуль попередньої обробки та передачі даних.

Структурну схему апаратної частини засобу для відбору операторів ДКП зображено на рис. 3.5.

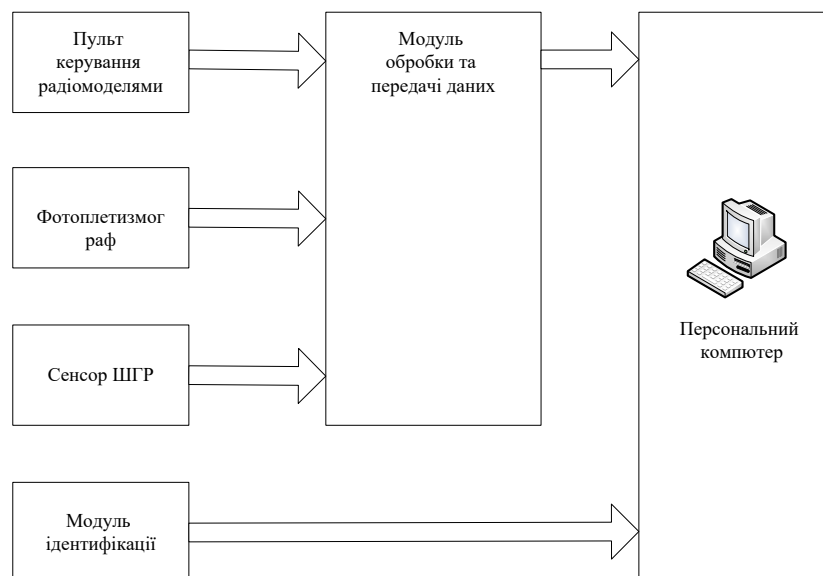


Рисунок 3.5 – Структурна схема апаратної частини засобу для відбору операторів ДКП

3.5 Реалізація складових частин апаратної частини комплексу

3.5.1 Реалізація модуля ідентифікації

Розвиток безконтактних систем зчитування інформації дозволив реалізувати метод біометричної ідентифікації за рисунком вен людини. Якщо кілька десятиліть тому цей метод вважався занадто дорогим і потребував наявності як потужних комп'ютерів, так і спеціального програмного забезпечення, то наразі розвиток технологій дозволив суттєво скоротити витрати і мінімізувати час обробки сигналів [79].

Розглянемо характеристики пристрою біометричної ідентифікації за рисунком вен долоні ZKTeco PV10R доступного на ринку України. Даний пристрій підмикається до комп'ютера за допомогою USB роз'єма та має наступні особливості:

Оснащений сенсором 0,3Мп;

Побудований на процесорі ARM9;

Відстань до долоні 8-15см;

Підтримує зв'язок через USB;

Корпус із зносостійкого пластику.

Характеристики USB зчитувача ZKTeco PV10R:

Розміри 42x34мм:

Камера: чорно – біла:

Пропуск фільтра – 30%:

Зображення 1080x720 пікселів:

Точність FRR <3%:

Точність FAR <0,001%:

Інтерфейс підключення - USB:

Робоча напруга – 5В:

Робочий струм 300 – 340мА:

Робоча температура -10°C; +45°C:

Температура зберігання -40°C; +85°C:

Атмосферний тиск 86кПа:

Вологість 17-96%:

Зовнішня освітленість менше 2500Люкс[3/3/2].

Зовнішній вигляд зчитувача рисунку вен долоні людини наведено на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд зчитувача рисунку вен долоні ZKTeco PV10R

3.5.2 Розроблення модуля визначення дрібної моторики

Визначення рівня дрібної моторики досягається визначенням траєкторій рухів важелів пульта керування, які здійснює кандидат, що проходить тестування згідно певного завдання. Завдання включає виконання серії субтестів для кожної руки окремо за допомогою комп'ютерного пристрою. Як субтести вибирають інтерактивні лінійні та нелінійні статичні шаблони завдань траєкторій щодо повтору руху та динамічний тест з рухомими фігурами. В процесі обробки характеристик рухової активності, реєструють час виконання кожного завдання та його тривалість, оцінюють відхилення експериментальної довжини ліній від еталонної, аналізують точність тестування та рівень розвитку рухових навиків. Для лінійних завдань використовують інтегральне відхилення, яке визначається методом трапеції.

Для визначення точності здійснюють врахування часу та максимального відхилення експериментальної довжини ліній від еталонної, а для виконання тестових завдань в якості комп'ютерного пристрою використовують пульт дистанційного керування радіомоделями, підключений до комп'ютера [57].

На сьогодні найбільш поширеним інтерфейсом для роботи пультів радіо керування є імпульсно – позиційна модуляція (Pulse-position modulation (PPM)). Параметри цього сигналу нормовані та мають вигляд зображений на рис.3.7.

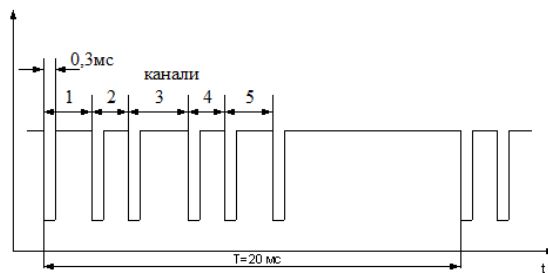


Рисунок 3.7 – Параметри сигналу керування радіомоделями

На сьогодні найбільш поширеними інтерфейсами для зв'язку периферійних пристроїв з персональним комп'ютером є послідовний інтерфейс RS-232 та USB. Тому для підключення пультів радіо керування до персонального комп'ютера розроблено перетворювач інтерфейсу PPM в USB. Використаємо для вирішення цієї задачі плату розробника STM32F4 DISCOVERY STM32F407VG яка побудована на базі контролера STM32F407VGT6 з ядром Cortex-M4F

Для зв'язку з персональним комп'ютером використаємо вбудований інтерфейс USB, а для виділення та перетворення PPM сигналу використаємо два 16-розрядні таймери, один з яких виділятиме стартовий імпульс кодової послідовності а інший визначатиме тривалість імпульсу кожного каналу. Кількість значень, які може виміряти 16 розрядний таймер можна визначити за наступною формулою:

$$N = 2^{16} = 65536;$$

Така кількість значень надлишкова, адже кількість ліній які відображаються на екрані монітора набагато менша, тому для спрощення роботи перетворювача використовуватимемо лише 10 розрядів таймера – лічильника, тоді кількість значень таймера буде:

$$N = 2^{10} = 1024.$$

Така кількість значень дозволить вимірювати переміщення важелів керування з високою точністю та спростити проведення обчислень в процесі перетворення PPM сигналу в USB.

3.5.3 Розроблення модуля вимірювання фотоплетизмограми

Для визначення показників фотоплетизмограми провідними виробниками електронних компонентів розроблені спеціалізовані мікросхеми. Однією з найпоширеніших на сьогодні є мікросхема MAX30102 [81] яка дозволяє з мінімальною кількістю навісних компонентів реалізувати модуль реєстрації фотоплетизмограми.

MAX30102 - це інтегральний пульсоксиметр та модуль монітора серцевого ритму. Він включає внутрішні світлодіоди, фотодетектори, оптичні елементи та електроніку з низьким рівнем шуму з відхиленням навколишнього світла. MAX30102 забезпечує повне системне рішення для полегшення процесу проектування для мобільних та носимих пристроїв. MAX30102 працює від одного джерела живлення 1,8 В і окремого живлення 3,3 В для внутрішніх світлодіодів. Зв'язок здійснюється через стандартний I2C інтерфейс. Модуль можна вимкнути за допомогою програмного забезпечення з нульовим струмом в режимі очікування, що дозволяє силовим шинам залишатися постійно підключеними [81].

Структурну схему MAX30102 зображено на рис 3.8

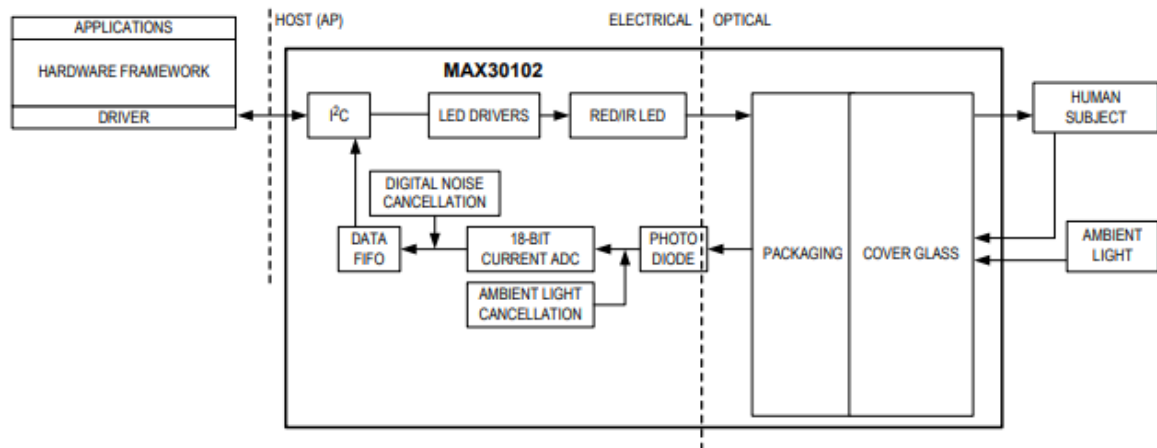


Рисунок 3.8 – Структурна схема мікросхеми MAX30102

Структурна схема мікросхеми MAX30102 складається з електронної та оптичної частини. Електрична частина включає модуль I2C, буфер даних, драйвери світлодіодів видимого та інфрачервоного світла, фотодіоду, 18 бітний аналогово-цифровий перетворювач, цифровий шумоподавляч, блок подавлення засвітки. Оптична частина складається з корпусів світлодіодів, фотодіоду та покриваючого скла.

На рис 3.9 зображено функціональну схему мікросхеми MAX30102.

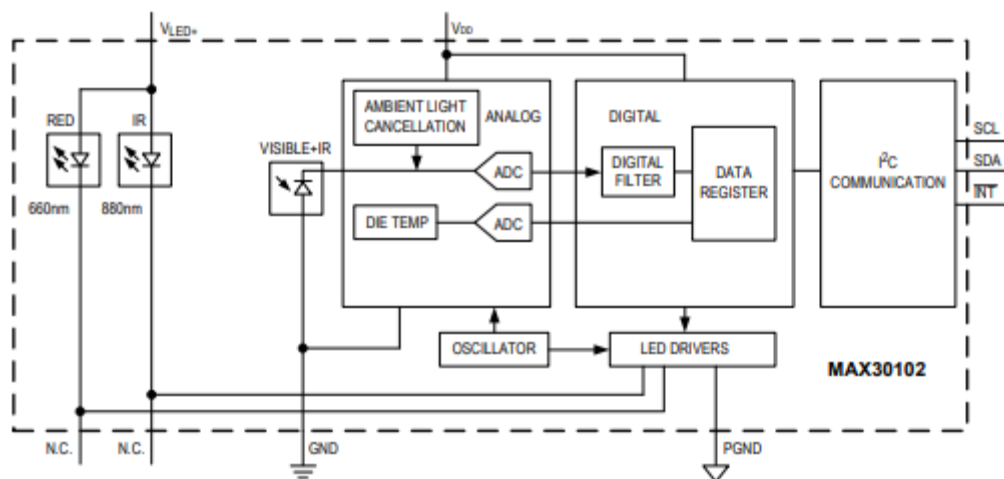


Рисунок 3.9 – Функціональна схема мікросхеми MAX30102

Типову схему включення MAX30102 зображено на рис. 3.10

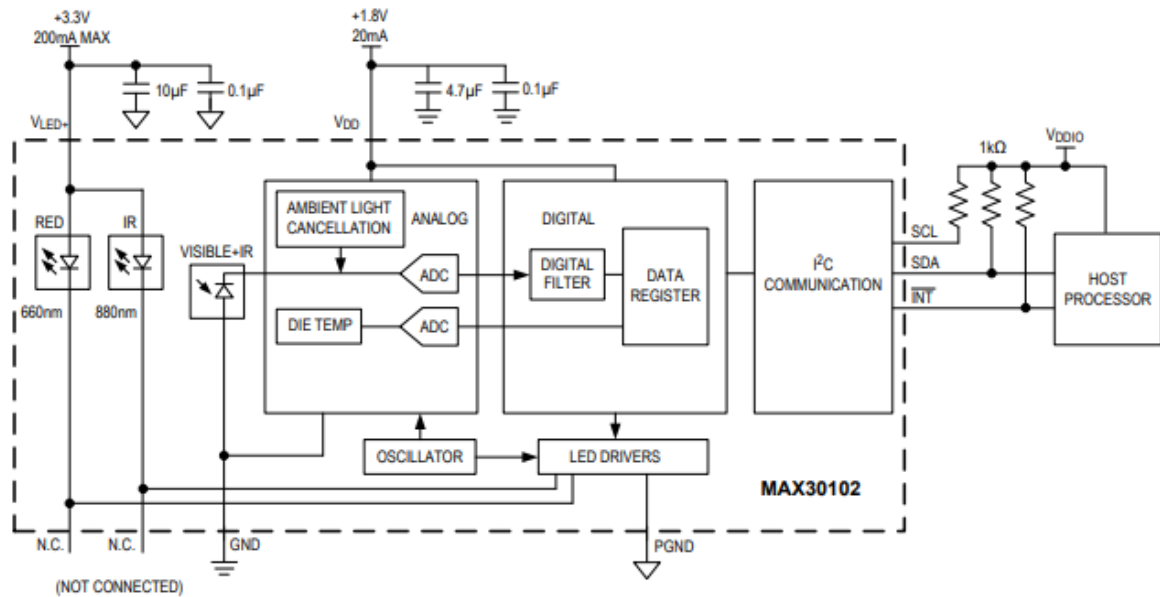


Рисунок 3.10 – Типова схема ввімкнення мікросхеми MAX30102

З рисунку видно, що для забезпечення роботи даної мікросхеми потрібна незначна кількість зовнішніх елементів, що дозволяє реалізувати фотоплетизмограф невеликих розмірів та зробити його зручним для використання.

Велика кількість виробників виготовляє модулі з використанням цієї мікросхеми, що забезпечують усі умови необхідні для її правильної роботи. Варіант конструкції модуля зображено на рис. 3.11.

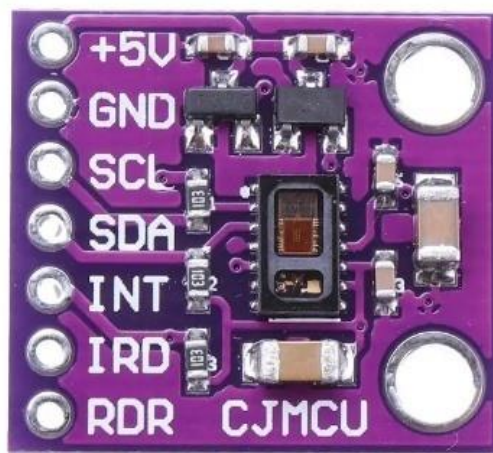


Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд модуля реєстрації пульсової хвилі з використанням MAX30102

Для використання даного модуля необхідно відповідне конструктивне виконання його корпусу адже від цього залежить якість прилягання поверхні пучки пальця до сенсору, крім того потрібна якісна фіксація провідників живлення та сигналу до основного пристрою де буде розміщуватись мікроконтролер попередньої обробки даних фото плетизмографа. Варіант конструктивного виконання датчика пульсової хвилі зображено на рис. 3.12.

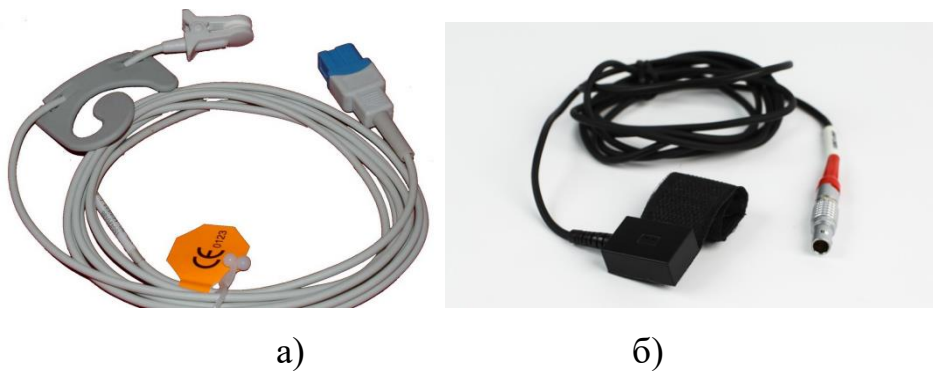


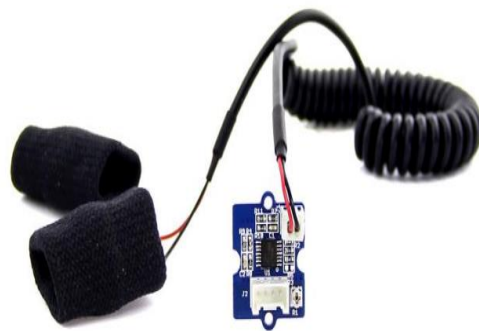
Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд датчика фотоплетизмографа із кріпленням на вухо (а) та на фалангу пальців (б)

3.5.4 Розроблення модуля визначення ШГР

Існують два методи реєстрації шкірно-гальванічної реакції: по Тарханову (реєстрація електричних потенціалів шкіри) і по Фере (реєстрація електричного опору шкіри). У даній роботі реалізується реєстрація шкірно-гальванічної реакції за методом Фере. Методом, який найбільш інформативно відображає прояви ШГР, вважається вимірювання провідності шкіри при впливі постійного струму з наступним поділом отриманого сигналу на тонічну і фазичну складові. Тонічна складова ШГР обумовлена постійно існуючою фоновою провідністю шкіри, яка повільно змінюється в часі. Фазична складова – швидко протікаючі зміни провідності шкіри, що виникають на тлі тонічної складової в результаті впливу різних подразників. Форма сигналу фазичної складової дає можливість виділити такі параметри, як час наростання і час спаду реакції, які мають важливе інформативне значення[82].

Для отримання інформації про електрошкірну провідність на спеціальні металеві датчики, розташовані на долонній поверхні кінцевих фаланг 4-го і 5-го пальців обох рук, відповідно до методичних вимог щодо мінімізації впливів на власні іонні процеси в електролітах шкіри, подаються імпульси порядку 2мкА отриманий ЕКП (електрошкірний потенціал) підсилюється і у аналоговій формі значної амплітуди подається на блок обробки даних. Отриманий з сенсора аналоговий сигнал перетворюється у цифрову форму та передається у комп'ютер для подальшої обробки.

Серед існуючих сенсорів ШГР обираємо сенсор побудований на інтегральній мікросхемі(IC) LM324. Зовнішній вигляд електронного модуля із контактами для під'єднання до пучок пальців зображено на рис. 3.13.



а)



б)

Рисунок 3.13 – Зовнішній вигляд сенсору ШГР для фаланг пальців(а), та зап'ястя (б)

Принципову електричну схему даного сенсору наведено на рис. 3.14

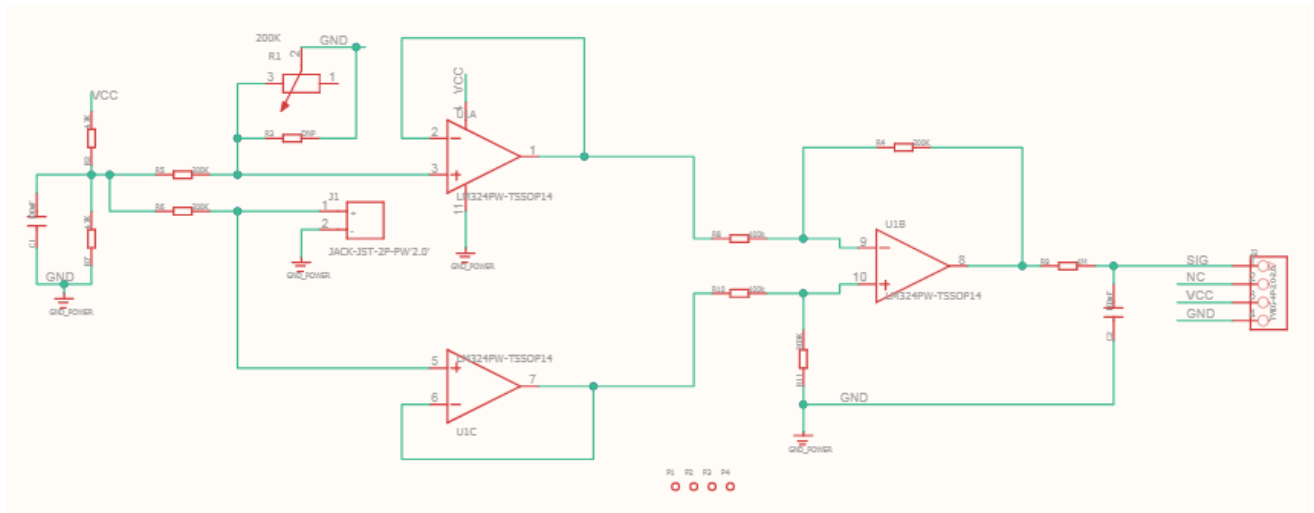


Рисунок 3.14 – Схема електрична принципова сенсора ШГР

Схема електрична принципова складається з таких основних вузлів:

- трьох операційних підсилювачів з колами корекції;
- вхідного дільника із підстроювальним резистором для зміни вхідного струму;
- роз'ємів для під'єднання вхідних електродів, джерела живлення та провідників вихідного сигналу.

Основним елементом сенсора ШГР є операційний підсилювач LM324 основні показники якого наведено у [83].

Для правильної роботи сенсора ШГР необхідно правильно встановити сигнальні електроди на поверхню пучок пальців. Фото правильного під'єднання сигнальних електродів до поверхні пучок пальців зображено на рис. 3.15

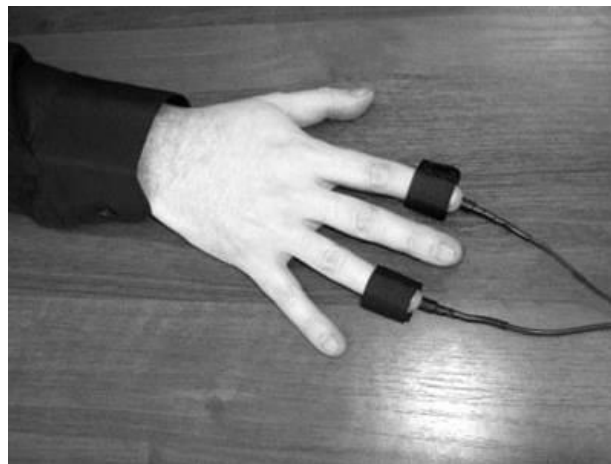


Рисунок 3.15 – Сигнальні електроди на пучках пальців

3.5.5 Реалізація модуля обробки та передачі даних

Модуль обробки та передачі даних призначений для прийому даних із аналогових і цифрових сенсорів та сигналу пульта керування радіо моделями і формування з цих даних пакетів які через USB інтерфейс будуть передаватись в комп'ютер. Підмикатись до модуля будуть наступні пристрої:

- сенсор ШГР(аналоговий сигнал 0-2,5В);
- сенсор фотоплетизмограми(цифровий сигнал I2C);
- сигнал пульта керування(цифровий, імпульсно – позиційної модуляція(Pulse-position modulation(PPM)));
- USB інтерфейс для зв'язку центральним комп'ютером.

Набір периферії який забезпечить можливість роботи з усіма сигналами описаними вище має велику кількість мікроконтролерів різних виробників, тому додатковими критеріями вибору мікроконтролера для модуля обробки та передачі даних будуть наступні:

- вартість мікроконтролера;
- вартість обладнання для програмування та відлагодження;
- доступність на ринку України;
- наявність зручних та сучасних середовищ програмування.

Найбільш поширеними мікроконтролерами які відповідають усім вище згаданим вимогам є мікроконтролери фірми ST сімейства STM32F4[84].

Загальні характеристики мікроконтролерів сімейства STM32F4:

- ARM 32-bit Cortex-M4 CPU;
- частота тактування 168МГц, 210 DMIPS/1.25 DMIPS/МГц (Dhrystone 2.1);
- підтримка DSP-інструкцій;
- нова високопродуктивна АНВ-матриця шин;
- до 1 Мбайта Flash-пам'яті;
- до 192 + 4 кбайт SRAM-пам'яті;

- напруга живлення 1,8...3,6В (POR, PDR, PVD и BOR);
- внутрішні RC-генератори на 16МГц і 32кГц (для RTC);
- зовнішнє джерело тактування 4...26МГц і для RTC – 32,768кГц;
- модулі відлагодження SWD/JTAG, модуль ETM;
- три 12-біт АЦП на 24 вхідних канала (швидкість до 7,2 мегасемплів, температурний датчик);
- два 12-бітних ЦАП;
- DMA-контроллер на 16 потоків с підтримкою пакетної передачі;
- 17 таймерів (16 и 32 разряда);
- два сторожевих таймери (WDG и IWDG);
- комунікаційні інтерфейси: I2C, USART (ISO 7816, LIN, IrDA), SPI, I2S;
- CAN (2,0 В Active);
- USB 2.0 FS/HS OTG;
- 10/100 Ethernet MAC (IEEE 1588v2, MII/RMII);
- контролер SDIO (карти SD, SDIO, MMC, CE-ATA);
- інтерфейс цифрової камери (8/10/12/14-бітні режими);
- FSMC-контролер (Compact Flash, SRAM, PSRAM, NOR, NAND и LCD 8080/6800);
- апаратний генератор випадкових чисел;
- апаратне обчислення CRC, 96-бітний унікальний ID;
- модуль шифрування AES 128, 192, 256, Triple DES, HASH (MD5, SHA-1), HMAC;
- розширений температурний діапазон -40...105°C[84].

Для реалізації модуля обробки та передачі даних доцільно використати готову плату розробника яка дозволить значно спростити процес розробки та відлагодження модуля використаємо для цих цілей плату розробника DISCOVERY STM32F407VG. Яка крім мікроконтролера містить усі необхідні вузли для забезпечення його надійної роботи та програмування.

Плата розробника STM32F4 DISCOVERY STM32F407VG побудована на базі контролера STM32F407VGT6 з ядром Cortex-M4F. Об'єм оперативної пам'яті складає 192 кБт. Флеш пам'ять програм 1 мБт. Є підтримка USB, причому контролер може бути як пристроєм так і хостом. Є апаратний генератор випадкових чисел. Крім звичних інтерфейсів DAC, ADC, SPI, I2C, PWM, RTC у чіпа є ще DCMІ для підключення камери і SDIO для підключення SD карт. Є підтримка Ethernet.

На борту розміщений вбудований цифровий мікрофон MP45DT02, стереофонічний 24х бітний ЦАП CS43L22 і вбудованим підсилювачем класу D з регулюванням гучності, тембру і т. д. [85].

Також на платі встановлений трехосьовий цифровий акселерометр LIS302DL. Крім стандартних функцій, акселерометр додатково має можливість перемикає діапазони вимірювання прискорення, апаратно обробляти кліки і подвійні кліки, наприклад постукування і генерувати переривання. Є два інтерфейси: SPI або I2C і входи для переривань. Для управління і контролю на платі розміщені чотири різних світлодіода, розташованих навколо акселерометра, і дві кнопки, одна призначена для користувача, а друга апаратне скидання контролера [85].

Система живлення реалізована через стабілізатор напруги LD3985M33R. Для початку роботи цілком достатньо 150мА, однак для складних пристроїв з великою кількістю периферії потрібно більш потужний зовнішній стабілізатор 3.3В[85].

Налагодження проводяться через програматор-відладчик ST-Link, встановлений на платі. На відміну від програматорів інших плат DISCOVERY, світлодіод даної плати - двоколірний, що дозволяє розрізняти режими роботи налагодження та програмування[85].

Зовнішній вигляд плати розробника STM32F4 DISCOVERY STM32F407VG зображено на рис. 3.16

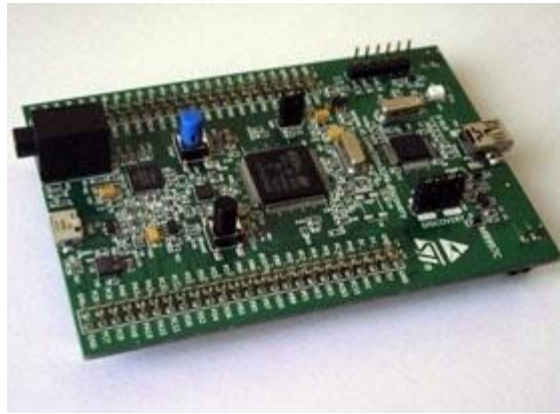


Рисунок 3.16 – Зовнішній вигляд плати STM32F4 DISCOVERY
STM32F407VG

Висновки до 3 розділу

1. Розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення для психофізіологічного тестування і відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

2. Розроблено загальну структурну схему апаратного забезпечення та здійснено вибір сучасних електронних модулів для побудови апаратної частини засобу відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

3. Вперше запропоновано модифіковану «Карту тестового супроводження», яка призначена для відображення особистих даних кандидатів, і дозволяє вносити, відображати, редагувати, видаляти і експортувати карти тестового супроводження, а також – формувати резюме придатності кандидатів.

Основні наукові результати опубліковано у працях [51], [79].

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБУ ВІДБОРУ КАНДИДАТІВ В ОПЕРАТОРИ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ ПРИСТРОЇВ

У даному розділі наведено основні результати експериментальних досліджень розробленого апаратно-програмного засобу відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв (АПЗВО ДКП).

У якості математичного апарату оцінки достовірності відбору операторів ДКП обрано коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, вхідними даними для якого є рангові ряди отримані за результатами тестування на розробленому АПЗВО ДКП, та рангові ряди оцінок отриманих під час навчання групи операторів безпілотних літальних апаратів.

Здійснено порівняння розробленого апаратно-програмного засобу із найближчими аналогами за сукупністю експлуатаційних, діагностичних, ергономічних показників.

Наведено рекомендації по складенню методики психофізіологічного відбору кандидатів в оператори ДКП з використанням розробленого апаратно-програмного засобу.

4.1 Статистичний аналіз результатів експериментальних досліджень

У результаті експериментальних досліджень апаратно-програмного засобу відбору операторів ДКП отримано ряд нечітких логічних висновків для групи кандидатів перед їх підготовкою до діяльності оператором безпілотних літальних апаратів. Під час підготовки цієї групи здійснювалась оцінка їх результатів навчання. Підготовка проводилась у кілька етапів: на першому етапі навчання відбувалось на авіасимуляторі з використанням пульта дистанційного керування; на другому етапі – на інерційній тренувальній моделі; на третьому етапі – на планері призначеному для виконання практичних завдань та який був обладнаний корисним навантаженням.

Для визначення відповідності результатів отриманих у процесі психофізіологічного тестування та результатів отриманих при підготовці операторів дистанційно-керованих пристроїв використаємо математичний апарат математичної статистики [86], [92].

Апаратно-програмний засіб відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв (АПЗВО ДКП) за рахунок використання апарату нечіткої логіки дозволяє отримати чотири степені відповідності кандидата посаді оператора ДКП (повністю відповідає, більше відповідає ніж не відповідає, більше не відповідає ніж відповідає, повністю не відповідає). Під час підготовки рівень кандидатів оцінювався за шкалою відмінно, добре, задовільно, незадовільно. Така система оцінювання дозволяє будувати рангові ряди і проводити їх математичну обробку. Для цього приведемо логічні висновки до системи оцінювання під час навчання. Тоді висновок «повністю відповідає» дорівнює оцінці «відмінно», «більше відповідає ніж не відповідає» дорівнює «добре», «більше не відповідає ніж відповідає» дорівнює «задовільно», «не відповідає» дорівнює «незадовільно».

Для оцінки роботи засобу відбору операторів ДКП використаємо дані підготовки навчальної групи із двадцяти осіб. Підготовка операторів БПЛА здійснювалась у кілька послідовних етапів:

- підготовка на симуляторах польоту БПЛА;
- підготовка на низькошвидкісній інерційній моделі (тренері);
- підготовка на планері призначеному для виконання практичних завдань.

Маючи групу для підготовки, їх результати при вхідному тестуванні на АПЗВО ДКП та результати успішності під час навчання на кожному з етапів можливо оцінити кореляційні зв'язки між результатами психофізіологічного тестування та результатами на кожному етапі підготовки методом рангової кореляції [87], [88].

До коефіцієнтів рангової кореляції, що застосовуються в статистичній практиці і які доцільно використовувати для оцінки взаємозв'язку між ознаками та ступенем узгодженості відповідей відносяться коефіцієнти

Спірмена (ρ), Кендала (τ) і коефіцієнт множинної рангової кореляції, який також називають коефіцієнтом конкордації (W) [89].

При використанні коефіцієнтів рангової кореляції умовно оцінюють ступінь зв'язку між ознаками, рахуючи значення коефіцієнтів 0,3 і менш, показниками слабого степеня зв'язку; значення більше 0,5, але менше 0,7 – показниками помірної тісноти зв'язку, а значення 0,7 і більше – показниками високої тісноти зв'язку [89].

Метод рангової кореляції [89] дозволяє визначити силу і напрям кореляційного зв'язку між двома ознаками або двома ієрархіями ознак. Для підрахунку рангової кореляції необхідно мати два ряди значень, які повинні бути ранжировані.

Такими рядами можуть бути:

- дві ознаки, вимірювані в одній і тій же групі змінних;
- дві індивідуальні ієрархії ознак, виявлені у двох об'єктів по одному і тому ж набору ознак;
- дві групові ієрархії ознак (наприклад, відповідність яких-небудь виборів, зроблених в одній групі виборам іншої групи);
- індивідуальна і групова ієрархії ознак (наприклад, зіставлення індивідуальної ієрархії професійних якостей працівника усередненій оцінці колективу на ці ж професійні якості) [89].

Враховуючи послідовність розрахунку рангової кореляції Спірмена наведений в [89], наведемо алгоритм розрахунку коефіцієнта рангової кореляції (КРК) Спірмена для оцінки відбору операторів ДКП.

Алгоритм містить наступні ітерації [89].

1. Визначити, які дві ознаки беруть участь в зіставленні як змінні А і В.
2. Проранжувати значення змінної А, нараховуючи ранг 1 найменшому значенню, відповідно до правил ранжування.
3. Проранжувати значення змінної В.
4. За наявності однакових рангів, розрахувати поправки[89]:

$$T_a = \frac{\sum(t_a^3 + t_a)}{12}, \quad (4.1)$$

$$T_b = \frac{\sum(t_b^3 + t_b)}{12} \quad (4.2)$$

де:

t_a - кількість зв'язаних (однакових) рангів у розподілі А;

t_b - кількість зв'язаних (однакових) рангів у розподілі В.

5. Розрахувати коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (ρ):

– за відсутності однакових рангів за формулою 4.3[89]

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (4.3)$$

– за наявності однакових рангів за формулою 4.4[4.2]

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2 + T_a + T_b}{n(n^2 - 1)} \quad (4.4)$$

де: $\sum d^2$ – сума квадратів різниць між рангами;

T_a та T_b – поправки на однакові ранги;

n – кількість ознак, які брали участь у ранжируванні.

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена має діапазон значень від -1 до 1. У разі повної прямої залежності між ознаками А і В коефіцієнт дорівнює 1, у разі повної оберненої залежності він дорівнює -1. У інших випадках значення коефіцієнта міститься в межах між -1 і 1, причому, чим ближче до нуля абсолютна величина коефіцієнта, тим залежність між ознаками менша [91], [92].

Наведемо у таблиці 4.1 оцінки кандидатів при оцінюванні АПЗВО ДКП та ІАПДК-01, як найближчого аналога розробленого засобу а також оцінки за кожен з етапів підготовки операторів БПЛА.

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання операторів дистанційно-керованих пристроїв

№	АПЗВО	ІАПДК - 01	Симулятор	Тренувальна.мод.	Практичні
	Оцінка	Оцінка	Оцінка	Оцінка	Оцінка
1	5	4	5	5	4
2	4	4	3	4	4
3	3	4	3	3	3
4	4	5	4	3	4
5	3	4	3	3	3
6	2	2	3	2	2
7	4	4	4	4	3
8	3	3	3	3	4
9	3	3	3	3	3
10	4	5	4	4	4
11	4	5	4	4	5
12	5	5	5	5	5
13	4	4	4	4	4
14	3	2	3	3	3
15	5	5	4	5	5
16	4	4	4	4	3
17	5	5	5	5	5
18	3	3	3	3	3
19	2	2	3	2	2
20	4	4	4	4	3

У результаті розрахунків проведених за формулами 4.1, 4.2, 4.3 отримаємо такі результати:

- коефіцієнт рангової кореляції Спірмена після оцінки роботи на симуляторі для АПЗВО $\rho=0,85$, для ІАПДК $=0,62$;

- коефіцієнт рангової кореляції Спірмена після оцінки роботи на тренувальній моделі для АПЗВО $\rho=0,87$, для ІАПДК $=0,617$;
- коефіцієнт рангової кореляції Спірмена після оцінки роботи на моделі для практичного використання для АПЗВО $\rho=0,85$, для ІАПДК $=0,72$;

Отримані результати наведено на графіках зображених на рис. 4.1-4.3

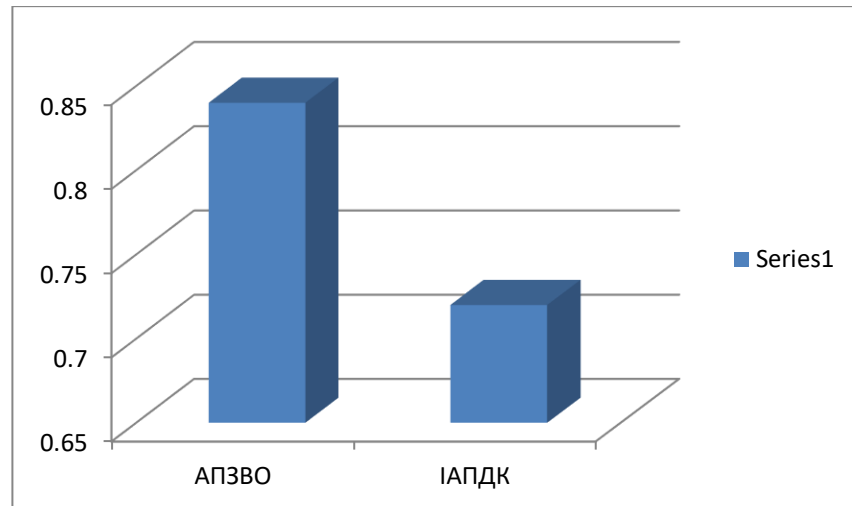


Рисунок 4.1 – Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена за результатами роботи на симуляторі

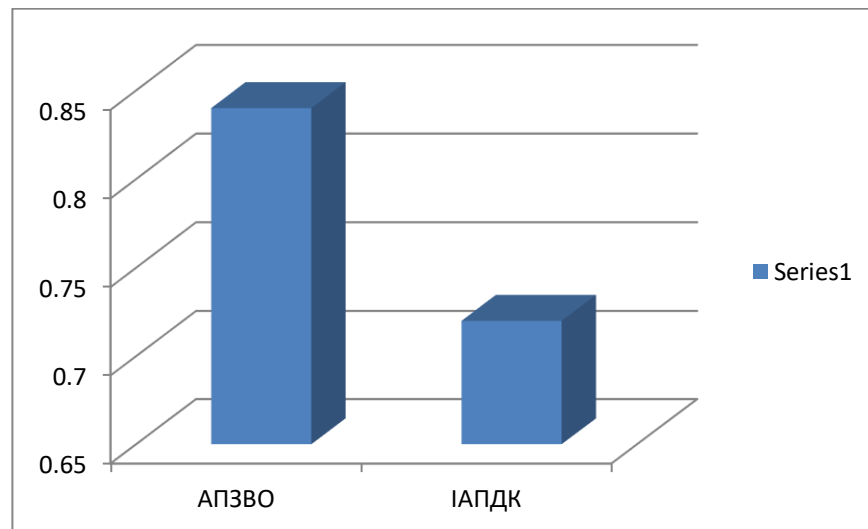


Рисунок 4.2 – Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена за результатами роботи на тренувальній моделі

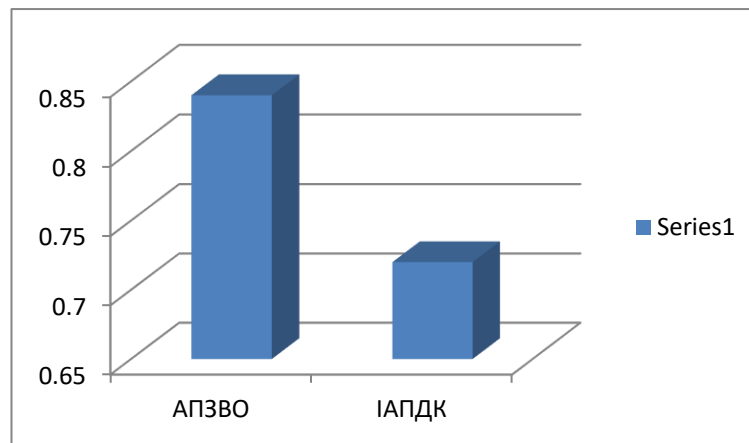


Рисунок 4.3 – Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена за результатами роботи на моделі для практичного використання

З результатів розрахунку коефіцієнта рангової кореляції Спірмена для розробленого засобу психофізіологічного відбору операторів ДКП та найближчого аналога ІАПДК -01 можна зробити наступні висновки:

- максимальне значення КРК Спірмена отримано при порівнянні результатів оцінки розробленого АПЗВО ДКП та оцінки за результатами роботи на тренувальній інерційній моделі;
- найбільша різниця у результатах оцінювання розробленого АПЗВО ДКП та найближчого аналога ІАПДК - 01 отримано при оцінці роботи на авіасимуляторі;
- найменшу різницю у результатах оцінювання розробленого АПЗВО та найближчого аналога ІАПДК - 01 отримано при оцінці роботи на моделі з корисним навантаженням призначеної для вирішення практичних задач;
- різниця у КРК Спірмена різних типів робіт у ІАПДК – 01 більша і сягає 0,1 це можна пояснити тим, що у ньому відсутні тести для оцінки просторового мислення тому такої величини досягає різниця між роботою на стимуляторі та на моделі для практичної роботи.

Незначну різницю у КРК Спірмена АПЗВО ДКП для різних типів робіт можна пояснити вибором спеціалізованих для діяльності операторів ДКП тестових методик, які враховують широкий спектр особливостей роботи

операторів ДКП основні з яких крім психологічної складової це рівень розвитку дрібної моторики, рівень стресостійкості та просторового мислення.

У рамках держбюджетної НДР «Апаратно-програмний комплекс психофізіологічного відбору операторів безпілотних літальних апаратів та їх інформаційної підтримки в процесі професійної діяльності» проводяться подальші експериментальні дослідження розробленого АПЗВО ДКП та аналогів для виявлення можливостей удосконалення розробленого засобу відбору і розробки найбільш ефективних методик його використання.

Використання коефіцієнту рангової кореляції Спірмена дозволяє провести кількісне порівняння розробленого АПЗВО ДКП за достовірністю відбору, але існує ще ціла низка інших характеристик засобів, комплексів та систем відбору персоналу за якими потрібно проводити оцінку АПЗВО ДКП.

4.2 Порівняння розробленого засобу з аналогами

Проведемо порівняльний аналіз розробленого методу та засобу психофізіологічного відбору кандидатів в оператори ДКП та існуючих систем і засобів за наступними критеріями: ефективність; продуктивність праці; режим прихованого контролю фізіологічної компоненти під час тестування; режим неприхованого контролю фізіологічної компоненти під час тестування; оцінювання кандидатів за рівнем стресостійкості; наявність інтегрального критерію оцінки результатів тестування і відбору; адекватність відбору на посади операторів ДКП; загальна надійність тестування і відбору.

Для порівняння виберемо за результатами проведеного аналізу (розділ 1) наступні комплекси, засоби, системи, що найбільш наближені до розробленого апаратно-програмного засобу за своїм призначенням, функціональними можливостями, умовами використання тощо. Це: інтегральний автоматизований психодіагностичний комплекс ІАПДК-01; комп'ютерна психодіагностична система (АНТК «Надійність»); комплекс психофізіологічного тестування «Психофізіолог-Н» [93]; автоматизована

система для профвідбору і психодіагностики «Професор», система психологічної діагностики “ЛІДЕР-1”; психодіагностичний комплекс «ПРОФЕСІЙНИЙ ВІДБІР».

Комп’ютерна психодіагностична система АНТК «Надійність» ґрунтується на методі, що дозволяє провести обстеження кандидатаів на посаду в екстремальному чи граничному варіанті шляхом пред’явлення графічного матеріалу і питань з підвищеною швидкістю [69, 70].

Недоліком цієї та аналогічних систем, які використовують такі способи оцінки профпридатності або профвідбору є те, що вони оцінюють різні ланки «технічних можливостей» людини до фізичних та емоційних навантажень на даний момент і не враховують його нейрофізіологічні і нейропсихологічні особливості.

Психологічний стрес якому піддаються оператори ДКП, є станом, що дестабілізує, та обмежує функціональні резерви організму, збільшує ризик дезінтеграції психічної діяльності і стійких соматовегетативних дисфункцій, що може призвести до розвитку хвороб або непередбачуваних реакцій [94].

Виникнення порушень механізму адаптації впливає не лише на глибинні емоційно афектні шари психіки, але і на онтогенетичні, світоглядні установки, систему мотивації, тобто власне структуру особистості, її адаптаційний потенціал. Це супроводжується підвищенням тривожності, напруженості і конфліктності, порушенням адекватності самооцінки, зниженням стійкості до психогенних впливів.

Інтегральний автоматизований психодіагностичний комплекс ІАПДК-01 можна вважати найближчим аналогом розробленого апаратно-програмного засобу психофізіологічного відбору, але використовувати його в версії, яка існує, неефективно. Це обумовлено відсутністю модулів визначення дрібної моторики та оцінки стресостійкості кандидатів.

Система психологічної діагностики “ЛІДЕР-1” (далі – СПД “ЛІДЕР-1”) призначена для якісного професійно-психологічного відбору кандидатів до заміщення на посади офіцерського складу ланки взвод - рота (батарея) -

батальйон (дивізіон) а також для діагностики індивідуально-психологічних якостей військовослужбовців інших категорій в системі професійно психологічного вивчення [39]. Недоліком системи «ЛІДЕР - 1» є відсутність можливості оцінки рівня розвитку дрібної моторики кандидатів та обмежена кількість тестових методик.

В таблиці 4.2 наведені результати проведеного порівняльного аналізу.

Аналіз даних таблиці 4.2 свідчить про те, що розроблений засіб психофізіологічного відбору кандидатів в оператори ДКП має переваги перед існуючими аналогами, в т.ч. і перед інтегральним автоматизованим психодіагностичним комплексом ІАПДК-01 та системою психологічної діагностики “ЛІДЕР-1”.

Це є результатом збалансованого, виваженого підходу до організації структури апаратно-програмного засобу, його математичного, інформаційного, психологічного, програмного та апаратного забезпечень. Слід відзначити ту складову апаратно-програмного засобу, що стосується її практичного використання в процесі роботи над держбюджетною 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, яка ефективно реалізована за допомогою програмного додатку.

Для забезпечення правильного функціонування системи відбору необхідна наявність контакту між користувачем та програмною складовою засобу психофізіологічного відбору. Забезпечити високий рівень такої взаємодії можливо за умови розробки інтерфейсу користувача апаратно-програмного засобу у тісній взаємодії із персоналом який займається кадровим забезпеченням організації де відбувається впровадження даного АПЗ (відділи психологічного супроводу працівників УМВС України, психологічні служби при військоматах та ін..) [96].

Аналіз даних таблиці 4.1 свідчить про те, що розроблений апаратно-програмний засіб відбору операторів ДКП має ряд переваг перед існуючими аналогами.

Такого результату вдалось досягнути завдяки виваженому підходу до організації структури відбору її математичного, психологічного, фізіологічного, програмного та апаратного забезпечень.

Високий рівень сумісності між користувачем та апаратно-програмним засобом психофізіологічного відбору операторів ДКП заснований на виконанні двох вимог. Перша вимога – створення максимально зручного інтерфейса користувача для того щоб звільнити його від зайвих витрат часу, що в результаті приведе до підвищення його продуктивності праці та якості робіт. Друга вимога – розробка апаратно-програмної частини засобу для психофізіологічного відбору операторів ДКП на найвищому рівні, що в кінцевому результаті дозволить реалізувати системний інтерфейс розробленого засобу який дозволить провести взаємне узгодження понять і термінів, що характеризують необхідний набір засобів для ефективної роботи.

4.3 Рекомендації по складенню методики психофізіологічного відбору кандидатів в оператори ДКП

Відбір на посади операторів пристроїв з дистанційним керуванням вимагає значно більшої уваги з боку дослідників, ніж звичайний професійний відбір на інші посади. Це зумовлено тим, що ДКП зазвичай виконують завдання у середовищі де перебування людини неможливе фізично або може привести до шкоди здоров'ю (наприклад роботи - сапери) [95].

При цьому, в процесі виконання професійних обов'язків оператора ДКП супроводжують напружені умови праці, високий рівень особистої відповідальності, складність виконуваної роботи, усвідомлення ступеня потенційної небезпеки і наслідків можливих помилок.

Ресурс високоефективної діяльності оператора ДКП визначається не лише рівнем його професійної майстерності. Також необхідно враховувати індивідуальні психофізіологічні ресурси працівника для того щоб забезпечити оптимальний функціональний стан оператора ДКП на різних етапах професійної діяльності. За відсутності повноцінного відпочинку, тренувальних і реабілітаційних заходів зміни в організмі набувають стійкого характеру, це приводить до зниження мотивації на учбово-виробничий процес та перемиканні уваги на власні проблеми і відчуття з патологічною фіксацією на них. При переході особистості до такого стану знижується активність запам'ятовування, рівень уваги, погіршуються когнітивні функції, концентрація, що негативно впливає на якість підготовки і професійну діяльність операторів ДКП.

В екстремальних умовах можуть проявитись психологічні недоліки оператора. Ціна помилки тут надзвичайно висока, тому якість тестування необхідно максимально підвищити, прагнучи знизити саму помилку до нуля.

Саме тому відбір на посаду оператора ДКП вимагає перевірки значно більшої кількості особистісних якостей та психофізіологічних факторів [96] ніж сьогодні пропонують наявні системи психологічного супроводу персоналу.

Так як розроблений апаратно-програмний засіб працює з тестовими методиками, для нього характерний основний недолік практично всіх діагностичних методів дослідження. Існує можливість вгадування кандидатами відповідей, які від них „хоче” отримати тест. Це викликано бажанням людини показати себе кращою і „правильнішою”, ніж вона є насправді. В випадку професійного психологічного відбору операторів ДКП це може створити значні проблеми при відборі кандидата на операторську посаду.

Вплив цього недоліка можна різко зменшити, використавши в процесі дослідження надлишкове тестування. Тобто, застосовувати для визначення

одних і тих же або подібних психологічних факторів особистості дві споріднені тестові методики. Максимального ефекту можна досягнути тоді, коли їх використовувати через деякий проміжок часу, заповнений проходженням тестів, що відволікають кандидата. Після закінчення діагностики необхідно визначати взаємозв'язки між результатами тестування по даним спорідненим методикам. В залежності від величини зв'язків між тестами можна зробити висновок про відвертість кандидата при діагностиці і про адекватність отриманих результатів по даному психологічному фактору.

На першому етапі відбору відбувається збір даних про кандидата в оператори дистанційно-керованих пристроїв. Формується картка з біографічними, антропо- і фізіологічними даними, рекомендаціями, відомостями про освіту, про перенесені хвороби. Слід відмітити наявність обов'язкових для заповнення елементів – таких як вища освіта, відсутність визначених хвороб, визначені показники здоров'я. Сукупність оцінок фізичних показників кандидата в оператори ДКП складає блок „Стан здоров'я”.

У апаратно-програмному засобі відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв основним інструментом психологічної діагностики обрано 16-факторний опитувальник Кеттелла. Даний опитувальник дозволяє сформувати загальний психологічний портрет кандидата, який охоплює практично всі ПВЯ кандидата, але детальність цього опису не дозволяє сформувати точну і однозначну оцінку. Тому після проходження тесту Кеттелла, при виникненні сумнівів, щодо відвертості кандидата бажаною є перевірка сформованих гіпотез – їх подальше підтвердження або спростування – за допомогою тестових методик, які досліджують специфічні, вузьконаправлені особливості психологічної складової кандидата.

На основі отриманих даних після проходження тестування формується експертний висновок про придатність кандидата до діяльності на операторській посаді. Така організація тестування у сумнівних або підозрілих ситуаціях дозволяє використовуючи надлишковість, зробити достовірність експертного висновку більш надійною і адекватною.

Після проходження чотирьох етапів відбору дані автоматично обробляються і на основі отриманих результатів відбувається формування висновку відносно кандидата і його детальний опис, в якому відображені результати тестування по зазначених тестах, опис шкал і їх часткові інтерпретації. Для формування експертного висновку про придатність кандидата вимогам оператора ДКП можливе використання додаткових методик. Отриманий результат системи нечіткого висновку апаратно-програмного засобу відбору операторів ДКП оцінений відповідним експертом по відбору дозволить забезпечити високу відповідність кандидата посаді.

Після проходження кожного етапу відбору оперативна інформація зберігається у відповідних полях бази даних. Після проходження процедури відбору і отримання експертного висновку вона архівується з метою зменшення розміру пам'яті яку використовує апаратно-програмний засіб і може бути розархівована при створенні нового запиту до бази архіву.

Висновки до 4 розділу

1. Використання математичного апарату математичної статистики, а саме коефіцієнта рангової кореляції Спірмена, при проведенні експериментальних досліджень розробленого АПЗВО ДКП дозволяє отримувати кількісну оцінку кореляції нечітких логічних висновків отриманих у результаті проведення процедури тестування та результатів отриманих на різних етапах підготовки операторів ДКП.

2. Отримані значення коефіцієнта рангової кореляції Спірмена під час експериментальних досліджень засобу відбору операторів ДКП підтверджують високу достовірність відбору на кожному етапі підготовки операторів ДКП. Отримані результати на 13 - 25% вищі у порівнянні з програмним комплексом ІАПДК-01, на різних етапах підготовки, що доводить високу адекватність моделі оператора ДКП запропоновану у другому розділі дисертації .

3. Результати порівняння розробленого апаратно-програмного засобу відбору операторів ДКП та існуючих систем і засобів за такими критеріями як: ефективність; продуктивність праці; режим неприхованого контролю фізіологічної компоненти під час тестування; оцінювання кандидатів за рівнем стресостійкості; наявність інтегрального критерію оцінки результатів тестування і відбору, достовірність відбору на посади операторів ДКП; загальна надійність тестування і відбору свідчать, що розроблений апаратно-програмний засіб за більшістю показників перевищує аналоги.

4. Запропоновані рекомендації по складенню методики психофізіологічного відбору кандидатів в оператори ДКП в яких враховуються особливості процедури психологічного тестування, визначення рівня дрібної моторики, просторового мислення та стресостійкості. Розглянуті умови при яких потрібно проводити поглиблене психологічне тестування для більш точної оцінки психологічного стану кандидата в оператори ДКП.

5. Проведені експериментальні дослідження розробленого апаратно-програмного засобу та існуючих аналогів, підтвердили його переваги, які

зумовлені якісним відбором психологічних та фізіологічних параметрів для тестування та виваженим підходом до структурної організації і змісту методу відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв.

Основні наукові результати опубліковано у працях [95], [96].

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі отримала подальший розвиток теорія психофізіологічної надійності персоналу, розроблено метод та апаратно-програмний засіб для психофізіологічного відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв, разом із врахуванням результатів дає можливість зробити такі висновки.

1. Виконаний у першому розділі 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 психологічні 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, 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 апаратно-програмного 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. Розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення методу та засобу, що дозволило запропонувати нову, більш досконалу та ефективну процедуру тестування операторів дистанційно-керованих пристроїв.

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

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] В. А. Пономаренко, С. В. Альошин, и И. М. Жданько, “Интеллектуальные способности и успешность летного обучения”, *Физиология человека*, Т22, №4, с. 86-90, 1996.
- [2] Т. Е. Ударцева, “Доцільність проведення професійного добору операторів керування безпілотними літальними апаратами”, *Системи озброєння і військова техніка*, №1(45), с.186 – 189, 2016.
- [3] Міністерство охорони здоров'я України. (23.09.1994). *ДНАОП 0.03-8.06-94. Перелік робіт, де є потреба у професійному доборі*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0018-95>.
- [4] W. Chappelle W. Patterson, J. Swearingen, T. Goodman, and W. Thompson, “Personality Test Scores that Distinguish U.S. Air Force Remotely Piloted Aircraft “Drone” Pilot Training Candidates”, *Neurostat Analytical Solutions*, Final Report for October 2013 to February 2014
- [5] О. В. Петренко, “Психологічні аспекти новітніх підходів до забезпечення ефективності наземних екіпажів безпілотних літальних апаратів”, *Актуальні проблеми психології: Збірник наукових праць Інституту психології імені Г.С. Костюка*, Том X, Вип. 27, 774с. 2015
- [6] В. М. Кичак, С. М. Злепко, та В. І. Макогон, “Технологія психофізіологічного відбору операторів безпілотних літальних апаратів”, *Вісник Хмельницького національного університету*, №1, с. 239-244, 2019.
- [7] Я. В. Мацегора, та ін., *Автоматизація професійного психологічного відбору кандидатів на військову службу в Національну гвардію України* Харків, Україна, НАНГУ, 2017.
- [8] S. Qia, F. Wang and L. Jing. “Unmanned Aircraft System Pilot/Operator Qualification Requirements and Training Study”, *MATEC Web of Conferences*, 2018, pp. 179-185.

- [9] B. P. Singh, and V. Aggarwa, “An Automated Test of Motor Skills for Job Selection and Feedback”, *Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining EDM*, 2016, pp. 10-25.
- [10] Ю. Брумштейн, и Ю. Аксенова. “Компьютеререзированные методы исследования скорости реакций и точности моторики пальцев рук”, *Известия ЮФУ. Технические науки*, №9, с.77-83, 2012.
- [11] О. К. Польшин, та О. А. Гульбс, “Пристрій для виміру психофізіологічних параметрів”, №26755, № и200703990 опубл. 10.10.2007.
- [12] П. П. Григал, и Н. І., Хорсева, “Способ диагностики мелкой моторики руки”, *Патент России №2314743*, опубл. 20.01.2008.
- [13] О. Г. Аврунин, К. Г. Селиванова, “Разработка метода автоматизированного тестирования мелкой моторики ведущей руки на графическом планшете”, *Прикладная радиоэлектроника*, Том 12, №3, с.459-465, 2013.
- [14] Л. Б. Наугольник, *Психологія стресу: підручник*. Львів, Україна: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2015.
- [15] Т. В. Циганчук, “Стрес у професійній діяльності”, *Проблеми сучасної психології*, №30, с.669 – 678, 2015.
- [16] О. П. Мінцер, та ін., *Сучасні методи і засоби для визначення і діагностування емоційного стресу*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2010.
- [17] Б. М. Федоров, *Стресс и система кровообращения*. Москва, Росия: Медицина, 1990.
- [18] В. М. Крайнюк, *Психологія стресостійкості особистості*. Київ, Україна: Ника, 2007.
- [19] В Проневич,. “Elements of spatial imaging and evaluation” *Modern problems of modeling*, Available at: <http://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/article/view/1198>, 2014.
- [20] О.А.Невоєнна, *Експериментальна психологія та практикум по психології*. Харків, Україна: 2011.

- [21] Е. Е. Туник, *Тест интеллекта Амтхауэра. Анализ и интерпретация данных*. СПб. Россия: Речь, 2009.
- [22] В. М. Кичак, Л. Г. Коваль, та 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. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2020-3-1-5>.
- [23] Л. А. Заде *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений*. М.: Мир, 1976.
- [24] 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. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/80>.
- [25] Н. Р. Кондратенко, С. В. Лужецкий, та О. В. Чеборака. “Нечіткі моделі в задачах підбору персоналу при формуванні соціальних груп”, *Системні дослідження та інформаційні технології*, №3, с. 56-62, 2011.
- [26] Н. Паклин, *Нечеткая логика – математические основы* [Электронный ресурс]. Доступно: URL:<http://www.basegroup.ru/library/analysis/fuzzylogic/math/>.
- [27] З. Г. Джабраилова, и С. Р. Нобари, “Моделирование процесса выбора кандидатов на вакантные должности с применением нечеткой логики”, *Искусственный интеллект*, №1, с. 254-259, 2009.
- [28] А. М. Аббасов, М. Г. Мамедова, *Методы организации баз знаний с нечеткой реляционной структурой*. Баку, Азербайджан: Элм, 1997.
- [29] В. И. Левин, “Новое обобщение операции над нечеткими множествами”, *Известия Академии Наук. Теории и системы управления*, №1, с. 143-146, 2001.
- [30] В. И. Варфоломеев, и С. Н. Воробев, *Принятие управленческих решений*. М., Россия: Кудис-образ, 2001.

- [31] M. H. Mamedova, and Z. Q. Jabrailova, “Methods of Family Income estimation in the targeting social Assistance System”, *Appl. Comput. Math*, Vol. 6, №1. pp. 80-87, 2007.
- [32] В. А. Панченко, “Нечіткі бази прийняття рішень в системі кадрової безпеки підприємства”, *Міжнародні економічні відносини та світове господарство*, №19, с.133-136, 2018.
- [33] Н. Ш. Никитина, и Е. В. Бурмистрова, “Методика отбора персонала на вакансию на основе нечетких показателей”, *Университетское управление: практика и анализ*, №4, с. 98-103, 2004.
- [34] Б. В. Кулагин, *Основы профессиональной психодиагностики*. Львів, Україна: Медицина, 2001.
- [35] 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.
- [36] В. І. Макогон, Л. Г. Коваль, та 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. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/index/pages/view/zbirn2018>
- [37] Л. М. Спенсер, и С. М. Спенсер, *Компетенции на работе: модели максимальной эффективности на работе*. М., Россия: НИРРО, 2005.
- [38] С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, В. В. Петренко та Р. С. Белзецький, *Методи і засоби психофізіологічного відбору кандидатів на службу за контрактом в Збройні Сили України*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2010 .

- [39] Соціально-психологічний центр Збройних Сил України, *Інструкція щодо роботи з СИСТЕМОЮ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ “ЛІДЕР-1”*. Київ, Україна: 2012.
- [40] В. І. Барко, *Професійний відбір кадрів до органів внутрішніх справ (психологічний аспект)*. Київ, Україна: Ніка-Центр, 2002.
- [41] Л. Г. Коваль, “Алгоритмічно-програмне забезпечення систем для тестування персоналу”, *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, № 2, с. 139-141, 2005.
- [42] Е. В. Матвеев, “Приборы и комплексы для психофизиологических исследований”, *Медицинская техника*, №1, с. 24-27, 2003.
- [43] А. Анастаси, *Психологическое тестирование*. Москва, СССР: Педагогика, 1982.
- [44] В. Воробйова, та ін. *Автоматизований психодіагностичний комплекс визначення професійної придатності кандидатів на військову службу у внутрішні війська і навчання у вищих військових навчальних закладах МВС України*. Харків, Україна: Акад. ВВ МВС України, 2012.
- [45] Я. В. Мацегора та ін. *Психологічний моніторинг професійно важливих якостей курсантів вищих військових навчальних закладів МВС України*. Харків, Україна: Акад. ВВ МВС України, 2013.
- [46] 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 «ХПИ»*, №21(1243), с. 135-143, 2017.
- [47] К. С. Навроцька, С. М. Злепко, Д. Х. Штофель Л. Г. Коваль, С. В. Костішин, та В. І. Макогон, “Окуляри для діагностики та управління когнітивними функціями людини”, *МПК(2017.01) A61N 1/00, A61B 10/00, №121962*, Бюл.№24, 26.12.2017
- [48] В. С. Сыпачев, А. А. Михалёв, и Н. М. Карелин “Компетенции необходимые оператору беспилотных летательных аппаратов”, *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*, Том 3, с. 571-573, 2018.

- [49] А. А. Ворона, Д. В. Гандер, и В. А. Пономаренко, *Теория и практика психологического обеспечения летного труда*. Москва, Россия: Воениздат, 2003.
- [50] А. Б. Неурова, О.С. Капінус, та Т.Л. Грицевич, *Діагностика індивідуально - психологічних властивостей та якостей особистості*. Львів, Україна: НАСВ, 2016.
- [51] В. М. Кичак, В. І. Макогон, та 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.
- [52] В. Д. Гуленко, Т. Е. Ударцева, А. Ю. Пономарева, и Т. М. Тимошенко, “Изменения качества контроля безопасности при поцесной концессии производства польотов”, *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*, №1(27), с. 35-40, 2011239-244, .
- [53] С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, та С. В. Тимчик, “Порівняльна оцінка інформаційної організації технологій психофізіологічного тестування і відбору пресонала”, № 3/2 (33), с. 41-48, 2008.
- [54] Я. О. Ганина и В. В. Лаптев “Нечеткая продукционная модель для оценки профессиональных качеств морских специалистов”, *Вестник АГТУ. Серия Управление, вычислительная техника и информатика*, №3, с. 101-108. 2016.
- [55] В. М. Кичак, Л. Г. Коваль, та 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. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2020-3-1-5>.
- [56] 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. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/index/pages/view/zbirn2019>.

[57] С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, В. І. Макогон, С. В. Костішин, В. О. Гомолінський, та 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.

[58] К. Г. Селиванова, Ж. Б. Ивченко, и О. Г. Аврунин, “Биотехническая система диагностики состояния мелкого моторного развития”, *Вісник національного технічного університету «ХПІ», Серія «Нові рішення в сучасних технологіях», №39(1148)*, с. 78-82, 2015.

[59] К. Г. Селиванова, О. Г. Аврунин, и В. В. Семенец, “Разработка интерактивных тестов для оценки уровня развития мелкой моторики”, *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, №1143*, с. 72-75, 2014.

[60] Г. С. Тимчик, О. В. Осадчий, А. О. Кедись, та А. О. Божеску, “Мінімізація набору показників для визначення функціонального стану”, *Молодий вчений, №5(32)*, с. 266-272, 2016.

[61] S. Zlepko, V. Sierhieieva, O. Azarkhov, and 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.

[62] 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.

[63] С. М. Злепко, С. В. Тимчик, В. І. Макогон, Д. Х. Штофель, та 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.

- [64] С. В. Павлов, В. П. Кожем'яко, В. Г. Петрук, та П. Ф. Колісник, *Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи*. Вінниця, Україна: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007.
- [65] Т. М. НІКІТЧУК, “Порівняльний аналіз методів реєстрації пульсової хвилі”, *Вісник Хмельницького національного університету*, №1, с.183-186, 2013.
- [66] Г. С. Тимчик, О. В. Осадчий, та Б. С. Чупіка, “Визначення інформативних показників функціонального стану при лазеротерапії”, *Вісник НТУУ “КПІ”. Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ*, №48(2), с.175-182, 2014.
- [67] С. М. Шувалов, та А.О. Малаховська, “Спосіб визначення рівня тривожності та типу вищої нервової діяльності передопераційному періоді”, *МПК А61В 10/00 (2012.01), №74332*, 25.10.2012.
- [68] А. О. Кушта, та С. М. Шувалов, “Можливості використання методу шкірно-гальванічної реакції у пацієнтів в стоматології та щелепно-лицевій хірургії”, *Вісник проблем біології і медицини*, №4(158), с. 229-235, 2020.
- [69] М. М. Філіппов, *Функціональна діагностика : навчальний посібник*. Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2000.
- [70] С.М. Злепко, Л.Г. Коваль, М.Т. Бондарчук, С. В. Тимчик, та С. А. Петрушин, *Інформаційна технологія психофізіологічного тестування і відбору персоналу для органів внутрішніх справ України*. Вінниця, Україна: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008.
- [71] А.П. Ротштейн, *Медицинская диагностика на нечеткой логике*. Винница, Украина: Континент-Прим, 1996.
- [72] Р. Шелдон, и Д. Мойе, *MySQL Базовый курс*. Москва, Россия: Вильямс, 2007.
- [73] Л.Г. Коваль, “Алгоритмічно-програмне забезпечення систем для тестування персоналу”, *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, № 2. с. 139-141, 2005.
- [74] Н. Культин, *Основы программирования Microsoft Visual C++ 2010*. Санкт-Петербург, Россия: БХВ-Петербург, 2010.

- [75] В. Б. Иванов, *Прикладное программирование на C/C++: с нуля до мультимедийных и сетевых приложений*. Москва, Россия: СОЛОН-ПРЕСС, 2008.
- [76] А.Л. Фридман, *Основы объектно-ориентированного программирования на языке Си++*. Москва. Россия: Радио и связь, 1999.
- [77] В. А. Викторов, В. П. Гундаров, и Е.П. Матвеев, “Принципиальные вопросы создания и производства приборов и комплексов для психофизиологических исследований” *Медицинская техника*, № 2, с. 4-7, 1997.
- [78] Е. В. Матвеев, “Приборы и комплексы для психофизиологических исследований”, *Медицинская техника*, №1, с. 24-27, 2003.
- [79] G. Novitsky, L. Koval, V. Makogon, and V. Gomolinsky, “Felling of structural schemes of systems biometric identification beyond the venous draving dolon”, *Journal of science*, №9, pp. 45-50, Lyon -2020.
- [80] [Электронный ресурс]. Доступно: <https://zkstore.com.ua/p1287032323-usb-skaner-ven.html>
- [81] [Электронный ресурс]. Доступно: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf>
- [82] [Электронный ресурс]. Доступно: http://nelian.ru/product/dianel-11s-ion-dlja-ocenki-stress-adaptivnyh-reakcij-i-obektivnogo-psihologicheskogo-testirovanija/?lang_iso2=ru
- [83] [Электронный ресурс]. Доступно: <https://www.ti.com/lit/ds/snosc16d/snosc16d.pdf>
- [84] [Электронный ресурс]. Доступно: <http://www.fpga.keoa.kpi.ua/student-works/%D0%BE%D0%B1%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0-stm32f4-2.html>

- [85] [Електронний ресурс]. Доступно: <https://arduino.ua/prod1122-plata-razrabotchika-stm32f407vg-discovery>
- [86] Е. Т. Володарський, та Л.О. Кошева, *Статистична обробка даних*. Київ, Україна, НАУ, 2008.
- [87] Л. В. Галій, та Т.М. Серопян, “Статистичний аналіз експертних оцінок з визначення компетенцій провізора аптеки”, *Фармацевтичний журнал*, №1, с. 42-48, 2012.
- [88] К. П. Воробьев, та Е. А. Паламарчук, “Результаты независимого тестирования трех программ вычисления показателей вариабельности сердечного ритма”, *Український медичний часопис*, №5, с.45-51, 2007.
- [89] Ю. О. Ольвінська та О. В. Самотоєнкова, “Використання методу рангової кореляції при аналізі розвитку малого підприємництва”, *Вісник соціально-економічних досліджень*, №3(58), с. 160-169, 2015.
- [90] С. А. Айвазян, и В. С. Мхітарян, *Прикладная статистика. Основы эконометрики. Том I*. Москва, Россия: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
- [91] С.А. Айвазян, и В.С. Мхітарян, *Прикладная статистика в задачах и упражнениях*. Москва, Россия: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
- [92] В.П. Новосад, Р. Г. Селіверстов, та І. І. Артим, *Кількісні методи експертного оцінювання*. Київ, Україна: НАДУ, 2009.
- [93] Комплекс для психофизиологического тестирования "ПСИХОФИЗИОЛОГ-Н", [Електронний ресурс]. Доступно: <http://medprom.ru/medprom/6864>.
- [94] А. Г. Румянцева, М. А. Куликов, и А. Ф. Бобров, “ Применение методов многомерного статистического анализа для изучения особенностей реагирования человека в состоянии эмоционального напряжения ”, *Методическое и техническое обеспечение психофизиологических исследований*, с. 23-28, 1986.
- [95] С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, В. І. Макогон, В. О. Гомолінський, К. І. Солоденко, та 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.

[96] 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.

ДОДАТКИ

Додаток А

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, та 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, та 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, and 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, та 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>.
- [8] S. Zlepko, V. Sierhieieva, O. Azarkhov, and 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, В. О. Гомолінський, К. І. Солоденко, та 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, та 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 Д. Х. Штофель, та 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. Штофел, Л. Г. Коваль, С. В. Костішин, та 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, С. В. Костішин, В. О. Гомолінський, та 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.

Додаток Б

Впровадження результатів роботи у навчальний процес



ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор з науково-педагогічної роботи з організації навчального процесу та його науково-методичного забезпечення

проф. Васілевський О.М.

«12» 01 2021 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Макогона Віталія Івановича

на тему «Метод і засіб для психофізіологічного відбору операторів дистанційно – керованих пристроїв» у навчальний процес

Комісія у складі декана Факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (ФІРЕН) Вінницького національного технічного університету к.т.н., доц. Тимчика Сергія Васильовича, заступника декана ФІРЕН з науково-методичної роботи, к.т.н., доцента Васильківського Миколи Володимировича, доцента кафедри БМІ Штофеля Дмитра Хуановича склали цей акт про те, що на кафедрі біомедичної інженерії під час читання лекцій, проведення лабораторних робіт і практичних занять із дисциплін «Комп'ютерне та медико-технічне забезпечення біотехнічних та медичних апаратів і систем», «Сучасні інформаційні технології в галузі хімічної та біоінженерії», «Комп'ютерні технології в медицині», «Біотехнічні системи медичного призначення» впроваджено такі матеріали дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук Макогона В.І.:

- інформаційна технологія відбору операторів дистанційно – керованих пристроїв ;
- програмно – апаратна реалізація системи оцінювання рівня розвитку дрібної моторики;
- методика визначення особистісних якостей за допомогою опитувальника Кеттелла.

Впровадження матеріалів дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук Макогона В.І. в навчальний процес сприяло поглибленню знань студентів в напрямку створення медичних інформаційних систем для відбору персоналу з врахуванням професійно важливих якостей та фізіологічних показників.

Голова комісії:
Декан ФІРЕН,
доцент, к.т.н

С.В.Тимчик

Члени комісії:
Заступник декана ФІРЕН
з науково-методичної роботи,
доцент, к.т.н

М. В. Васильківський

Доцент кафедри БМІ

Д.Х. Штофель

Додаток В

Впровадження результатів роботи на підприємстві

ПП «ВІНАЕРОГІС»

Код ЄДРПОУ 38445019, 21021, Вінницька обл., місто Вінниця,
вулиця 600-річчя, 17 А, оф. 303, тел. (0432)550-390

АКТ

№1 від 15.12.2020 р.

**про впровадження результатів дисертаційної роботи
Макогона Віталія Івановича**

на тему «Метод і засіб для психофізіологічного відбору операторів
дистанційно – керованих пристроїв»
в Приватному підприємстві «Вінаерогіс»

Комісія в складі Горпиніча А.В., Солоденка К.І., Левандовського К.О. склала цей акт про те, що метод і засіб для психофізіологічного відбору операторів дистанційно – керованих пристроїв, які розроблені в даному дисертаційному дослідженні використовується в ПП «ВІНАЕРОГІС» для відбору персоналу на вакантні посади.

Практичне застосування системи для психофізіологічного відбору операторів дистанційно – керованих пристроїв підтвердило її ефективність, ергономічність, а також безпечність у використанні. Результати впровадження даної системи підтвердили новизну, зручність і цінність самої розробки, а саме:

- блоку визначення рівня розвитку дрібної моторики, який дає можливість оцінити придатність кандидата до виконання робіт які потребують високої точності рухів;

- блоку оцінки рівня просторового мислення кандидата, який дає можливість оцінити придатність кандидата для роботи з об'ємними зображеннями.

Таким чином, метод та засіб для психофізіологічного відбору операторів дистанційно – керованих пристроїв є новою та ефективною розробкою в сфері відбору персоналу.

В зв'язку з вищевказаним, рекомендуємо, за результатами впровадження, застосовувати розроблену систему при відборі персоналу на вакантні посади операторів дистанційно керованих пристроїв та систем обробки результатів їх роботи.

Голова комісії:

Директор ПП «ВІНАЕРОГІС»

А.В. Горпиніч

Члени комісії:

К.І. Солоденко

К.О. Левандовський



Додаток Г

Таблиця результатів опитування експертів для визначення
психологічної складової

Назва фактору	Експерт №1	Експерт №2	Експерт №3	Експерт №4	Експерт №5	W _j
	b _{ij}	b _{ij}	b _{ij}	b _{ij}	b _{ij}	
Фактор А	0,9	0,85	0,8	0,9	0,9	0,072
Фактор В	0,9	0,95	0,95	0,9	0,95	0,077
Фактор С	0,85	0,95	0,895	0,9	0,95	0,075
Фактор Е	0,75	0,7	0,8	0,85	0,8	0,066
Фактор F	0,7	0,75	0,68	0,75	0,7	0,06
Фактор G	0,8	0,8	0,85	0,8	0,85	0,065
Фактор Н	0,8	0,7	0,7	0,7	0,75	0,061
Фактор І	0,6	0,65	0,7	0,55	0,65	0,051
Фактор L	0,5	0,6	0,65	0,6	0,6	0,045
Фактор М	0,75	0,6	0,7	0,7	0,65	0,053
Фактор N	0,65	0,7	0,7	0,6	0,6	0,050
Фактор О	0,95	0,9	0,95	0,9	0,95	0,079
Фактор Q ₁	0,5	0,55	0,6	0,7	0,7	0,052
Фактор Q ₂	0,8	0,7	0,75	0,65	0,7	0,063
Фактор Q ₃	0,85	0,9	0,9	0,85	0,9	0,071
Фактор Q ₄	0,7	0,7	0,75	0,7	0,65	0,061

Додаток Д

Таблиця Д.1 Відповідності системи нечіткого логічного висновку

Змінні													Вихід (Рівень операторських здібностей)			
Психологічні якості				Розвиток дрібної моторики				Стресостійкість			Просторове мислення					
Незадов.	Задов.	Добре	Відм.	Незадов.	Задов.	Добре	Відм.	Низька	Зад	Висока	Високий	Низький	Незадов.	Задов.	Добре	Відм.
TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	TRU	FALS	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALE	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALE	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALE	TRU	FALS	FALS	TRU	TRU	FALS	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALE	FALE	TRU	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	TRU	FALE	FALE	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS
TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALE	TRU	FALE	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	TRU	FALS	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALE	FALE	TRU	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	FALE	FALE	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALE	FALE	TRU	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	TRU	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	FALS	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	TRU	FALE	FALE	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS
FALS	TRUE	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS
FALS	FALS	TRU	FALS	TRU	FALS	FALS	FALS	FALS	TRU	FALS	FALS	TRU	TRU	FALS	FALS	FALS

Продовження таблиці Д.1

[illegible]

Додаток Ж

Технічні характеристики мікроконтролера STM32F4

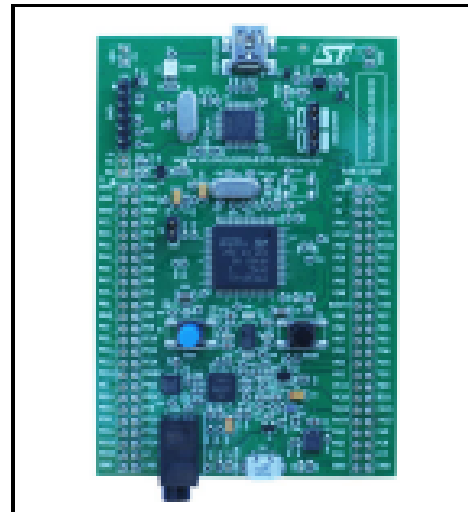
**32F401CDISCOVERY**

Discovery kit for STM32F401 line

Data brief

Features

- STM32F401VCT6 microcontroller featuring 256 KB of Flash memory, 64 KB of RAM in an LQFP100 package
- On-board ST-LINK/V2 with selection mode switch to use the kit as a standalone ST-LINK/V2 (with SWD connector for programming and debugging)
- Board power supply: through USB bus or from an external 5 V supply voltage
- External application power supply: 3 V and 5 V
- L3GD20, ST MEMS motion sensor, 3-axis digital output gyroscope
- LSM303DLHC, ST MEMS system-in-package featuring a 3D digital linear acceleration sensor and a 3D digital magnetic sensor
- MP45DT02, ST MEMS audio sensor, omnidirectional digital microphone
- CS43L22, audio DAC with integrated class D speaker driver
- Eight LEDs:
 - LD1 (red/green) for USB communication
 - LD2 (red) for 3.3 V power on
 - Four user LEDs: LD3 (orange), LD4 (green), LD5 (red) and LD6 (blue)
 - Two USB OTG LEDs: LD7 (green) VBus and LD8 (red) over-current
- Two pushbuttons (user and reset)
- USB OTG with micro-AB connector
- Extension header for LQFP100 I/Os for a quick connection to the prototyping board and an easy probing

**Description**

The STM32F401 Discovery helps you to discover the entry level microcontrollers of the STM32 F4 series and to develop your applications easily. It offers everything required for beginners and experienced users to get started quickly.

Based on the STM32F401VCT6, it includes an ST-LINK/V2 embedded debug tool, a gyroscope, an e-compass and digital microphone ST MEMS, an audio DAC with an integrated class D speaker driver, an OTG micro-AB connector, LEDs and pushbuttons.

A large number of free ready-to-run application firmware examples are available on www.st.com/stm32f4-discovery to support quick evaluation and development.

1 System requirements

- Windows PC (XP, Vista, 7)
- USB type A to Mini-B cable

2 Development toolchains

- Atium TASKING™ VX-Toolset
- Atollic TrueSTUDIO®
- IAR EWARM
- Keil™ MDK-ARM

3 Demonstration software

The demonstration software is preloaded in the board Flash memory. It uses the button User and the LEDs to switch from a simple blinking of the LEDs to an indication of the movements of the board. Connect the board to a PC with a second USB cable, it is now recognized as a standard mouse.

The latest versions of the demonstration source code and associated documentation can be downloaded from www.st.com/stm32f4-discovery.

4 Ordering information

To order the Discovery kit for STM32F401 line microcontrollers, use the STM32F401C-DISCO order code.

5 Revision history

Table 1. Document revision history

Date	Revision	Changes
10-Sep-2013	1	Initial version.