

Вінницький національний технічний університет

Тимчик Сергій Васильович

УДК 621.372.5

**АВТОМАТИЗОВАНА БІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА
ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ОПЕРАТОРА ПОЛІГРАФА**

Спеціальність 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця - 2010

Дисертацією є рукопис

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

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Злепко Сергій Макарович,
Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри проектування медико-біологічної апаратури

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кожем'яко Володимир Прокопович,
Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри лазерної та оптоелектронної техніки

доктор фізико-математичних наук, професор
Бих Анатолій Іванович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
завідувач кафедри біомедичних електронних пристроїв і систем

Захист відбудеться "18" червня 2010 р. о 9³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.02 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210, ГУК

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного технічного університету за адресою: 21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

Автореферат розісланий "12" травня 2010 р.

В. о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради

В. С. Осадчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Перспективність використання поліграфа у кадровій роботі відзначається високою точністю обстеження і достовірністю отриманих результатів, оперативністю та іншими факторами.

Ефективність і якість поліграфічних перевірок обумовлені низкою умов, серед яких першорядними є дві основні: використання якісного, сертифікованого поліграфа; високий рівень професіоналізму оператора поліграфа.

Остання досягається відповідною професійною підготовкою, показниками психоемоційного і фізичного здоров'я, психофізіологічною надійністю, морально-ціннісними показниками, які і складають структуру професіограми спеціаліста-поліграфолога, в основі якої є психограма. На жаль, сьогодні в Україні відсутні не тільки професіограма і психограма оператора поліграфа, а і відповідна юридично-нормативна база проведення поліграфічних обстежень.

Ще одним важливим моментом є відсутність будь-яких спеціалізованих програмно-технічних засобів, за допомогою яких можна було б визначати не тільки рівень професійної придатності операторів поліграфа при професійному відборі, а і забезпечувати постійний контроль за його психофізіологічною та професійною надійністю шляхом періодичних перевірок на відповідному обладнанні. На сьогодні юридично заборонено використовувати для таких обстежень сам поліграф, оскільки оператор знає практично всі нюанси перевірок, особливості побудови опитувальників тощо, що дає йому можливість вчасно "відчутти" де правда, а де ні, забезпечивши тим самим, необхідний для нього позитивний підсумковий результат тестування на поліграфі.

Рішення існуючої задачі полягає в тому, щоб створити для оператора поліграфа такі умови тестування, і відповідно, апаратуру, коли навіть професіонал найвищого рівня не зміг би відчутти, що при проведенні тестування здійснюється інструментальний контроль за його психоемоційною і фізіологічною сферами.

Саме вирішенню цієї актуальної і крайнеобхідної задачі і присвячене дане дисертаційне дослідження, яке передбачає створення біотехнічної системи для тестування операторів поліграфа.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась в межах Комплексної програми вдосконалення бойової і психофізіологічної підготовки особового складу органів та підрозділів внутрішніх справ України (наказ МВС України від 26.05.2005 р. №385), розпорядження Міністра внутрішніх справ України від 12.12.2005 р. №1022 стосовно проведення якісного професійно-психологічного відбору кандидатів на службу в органи внутрішніх справ, подальшого психофізіологічного супроводження їх професійної діяльності протягом усього періоду служби та згідно з планами наукових досліджень Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України в рамках держбюджетної НДР 30-Д-289 «Створення автоматизованих діагностичних систем для оцінювання функціонального стану людини» (номер держреєстрації 01058U002421) і держбюджетної НДР 30-Д-313 "Створення інформаційних технологій для оцінювання стану і визначення індексу здоров'я людини" (номер держреєстрації 0108U00056) щодо принципів і методів створення автоматизованих діагностичних систем та інформаційних технологій для оцінювання функціонального стану людини в нормальних та екстремальних умовах і наукового обґрунтування підходів, математичних, програмних засобів і технічних рішень для визначення індексу здоров'я людини.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційного дослідження є підвищення інформативності діагностування професійної придатності операторів поліграфа шляхом створення біотехнічної системи для тестування операторів поліграфа та методу визначення їх професійної придатності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан методів і засобів діагностики психофізіологічної придатності оператора поліграфа.
2. Розробити інформаційно-методичне підґрунтя процесу прийняття рішень оператором поліграфа.
3. Розробити інформаційно-структурну модель автоматизованої біотехнічної системи тестування операторів поліграфів.
4. Розробити для задач тестування і відбору операторів поліграфа математичний апарат з використанням теорії нечітких множин для автоматизованої біотехнічної системи тестування операторів поліграфа.
5. Розробити структуру автоматизованої біотехнічної системи і фізіологічного сенсора для тестування операторів поліграфа.
6. Запропонувати методику відбору кандидатів на посаду оператора поліграфа.

Об'єкт дослідження – процес психофізіологічного тестування оператора поліграфа.

Предмет дослідження – автоматизована біотехнічна система для тестування оператора поліграфа.

Методи досліджень – в роботі використані методи системного аналізу – при проектуванні архітектури автоматизованої біотехнічної системи для тестування оператора; теорії вимірювань – при розробленні фізіологічного сенсора для режиму прихованого контролю; математичного моделювання – при побудові інформаційно-структурних моделей психічної і фізіологічної компонент та моделі автоматизованої біотехнічної системи для тестування оператора поліграфа; теорії цифрової обробки сигналів – при розробленні фізіологічного сенсора для режиму прихованого контролю та алгоритму його функціонування; теорії нечітких множин – при побудові математичної моделі для задач тестування і відбору операторів поліграфа, яка одночасно враховує стан психічної і фізіологічної компонент; функціональної діагностики і психодіагностики – при створенні психограми оператора поліграфа і визначенні його професійної придатності.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розв'язанні актуальної наукової задачі підвищення інформативності діагностування придатності оператора шляхом розроблення методів та апаратури для визначення психофізіологічної придатності операторів поліграфа. При цьому отримані такі наукові результати:

- вперше проведено оцінювання структурно-функціональної організації поліграфів, методів діагностики психофізіологічної придатності операторів поліграфа, яке підтвердило неможливість їх застосування в якості програмно-технічних засобів для тестування і прийняття остаточного рішення по кандидату на посаду оператора поліграфа, узагальнило ті особливості їх професійної діяльності, які є домінуючими при тестуванні і психофізіологічному відборі, що дозволило визначити та обґрунтувати кількість, перелік і природу походження фізіологічних показників режиму прихованого контролю;

- вперше для задач тестування і відбору операторів поліграфа розроблено математичний апарат з використанням теорії нечітких множин, коли застосувавши алгоритм Сугено і коефіцієнт конкордації Кенделла стало можливим враховувати не тільки стан психічної компоненти, а і фізіологічної, з одночасним корегуванням коефіцієнта СВІП (ступінь відповідності “ідеальному” працівникові), що дозволяє уникнути накопичення нечіткості, при якому відсутність проміжних процедур знижує обчислювальну похибку і в кінцевому результаті підвищує вірогідність правильного рішення, прийнятого автоматизованою біотехнічною системою для тестування оператора поліграфа;

- вперше створено психограму оператора поліграфа, яка визначає систему психологічних вимог і протипоказань до його особистості при виконанні ним професійних обов'язків, що дозволяє оцінити відповідність психологічно-важливих якостей кандидатів на посаду оператора поліграфа, як суб'єктів професійної діяльності, вимогам психограми або професіограми до індивідуально-психологічних якостей кандидатів.

- отримало подальший розвиток інформаційне підґрунтя процесу прийняття рішень оператором поліграфа у вигляді інформаційно-структурних моделей психічної і фізіологічної компонент, що дозволило визначити механізм прийняття рішень оператором поліграфа при відповідях на питання тесту, підвищивши тим самим достовірність тестування до 89-90%;

- отримали подальший розвиток принципи побудови біотехнічних систем у вигляді архітектури біотехнічної системи для тестування оператора і фізіологічного сенсору для режиму прихованого контролю, який у варіанті виконання “комп’ютерна миша” забезпечує прихований контроль складових фізіологічної компоненти: розміру зіниці ока, пульсової хвилі, рівня сатурації кисню в крові, ШГР, температури тіла, а у варіанті “світлове перо” – додатково до визначених складових фізіологічної компоненти, контроль тремору верхніх кінцівок, що в підсумковому результаті забезпечує не менш як 88-90% діагностику психофізіологічного стану кандидата.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертації обґрунтовані коректним використанням математичного апарату, успішною програмною реалізацією розроблених алгоритмів, моделей та ефективним практичним впровадженням результатів дисертаційних досліджень у практику, яке продемонструвало збіг теоретичних положень із реальними спостереженнями.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано класифікацію сучасних комп’ютерних поліграфів, яка в якості класифікаційних факторів використовує функціональні можливості, перелік реєструємих фізіологічних показників, експлуатаційні характеристики та узагальнений критерій – співвідношення кількість каналів/вартість, що забезпечує користувачу адекватний вибір поліграфа.

Розроблено алгоритм оцінювання психофізіологічної придатності оператора поліграфа, який визначає ступінь придатності кандидата до виконання професійних обов’язків оператора поліграфа за наступними критеріями: “відповідає повністю”, “більше відповідає, ніж не відповідає”, “більше не відповідає, ніж відповідає”, “не відповідає повністю”.

Розроблено методику відбору кандидатів на посаду оператора поліграфа.

Теоретичні і практичні результати роботи використовуються в навчальному процесі на кафедрі проектування медико-біологічної апаратури ВНТУ при викладанні дисциплін: “Сучасні методи і принципи побудови медичних мікрокомп’ютерних систем”, “Проектування медичної апаратури індивідуального користування”, “Сучасні технології оцінки професійної надійності операторів”, “Сучасні технології психофізіологічного тестування операторів”.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в Центрі практичної психології при ГУМВС України у Вінницькій області і в навчальному процесі Вінницького національного технічного університету, що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Сформульовані в дисертації наукові результати, висновки і рекомендації, які винесено на захист, отримані безпосередньо й особисто автором. Дисертація є одноосібно виконаною науковою працею, в якій дисертантом особисто розроблені теоретичні положення, методи і моделі, практичні рекомендації щодо визначення рівня психофізіологічної надійності операторів поліграфа.

У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належать:

в [1] розділ 3.1. "Обґрунтування необхідності переходу від класичного психологічного тестування до технології психофізіологічного тестування і відбору персоналу"; розділ 4.1.3 "Модуль пульсоксиметрії і фотоплетизмографії"; в [2] розробка структурної схеми вхідних кіл для пригнічення власних шумів і перелік обов’язкових вимог до вхідних підсилювачів біосигналів; в [3] розробка технології психофізіологічного тестування; в [4] вступ і постановка проблеми, розроблення алгоритму тестування співробітників охоронних банківських структур; в [7] розробка класифікації факторів, що впливають на надійність тестування персоналу; постановка проблеми; в [5] аналіз джерел і публікацій, постановка і

вирішення проблеми визначення, оцінки і забезпечення необхідного рівня психофізіологічної надійності операторів поліграфа; в [6] - вибір та обґрунтування критеріїв і проведення порівняльного аналізу розробленої авторами та існуючих технологій психофізіологічного тестування і відбору персоналу; в [8] - визначення особливостей створення тестово-моделюючих структур для оцінки професійної діяльності; в [12] - доказ висунутої гіпотези про критерій визначення психологічної сумісності персоналу; в [9] – формулювання характеристики та визначення особливостей сучасного етапу розвитку мікрокомп'ютерних біотехнічних систем; в [13] - розробка класифікації контролю психофізіологічної надійності персоналу; в [14] - загальна структура психограми оператора поліграфа і системи психологічних вимог до особистості оператора поліграфа; в [15] – співавторство в розробці програми; в [16] - психофізіологічний підхід для дослідження механізмів прийняття рішень студентами; в [17] розробка принципів і структури комплексної здоров'язберігаючої технології підготовки фахівців у ВНТУ; в [10] - аналіз існуючих підходів і методик забезпечення надійної роботи персоналу; в [11] - підхід і структурні схеми вимірвальних каналів "комп'ютерна миша" та "світлове перо".

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на Міжнародних науково-технічних конференціях і симпозіумах: II Міжнародній науково-технічній конференції “Фотоніка-ОДС 2002” (Вінниця, 2002 р.); I, III і IV Міжнародних конференціях “СПРТП-2005”, “СПРТП-2007”, “СПРТП-2009” (Вінниця, 2005, 2007, 2009 рр.); VIII Міжнародній конференції “КУСС-2005” (Вінниця, 2005 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції “Сучасні наукові дослідження-2006” (Дніпропетровськ, 2006 р.); III і IV Міжнародних науково-практичних конференціях “Комп’ютерні системи в автоматизації виробничих процесів” (Хмельницький, 2004, 2005 рр.); VIII Міжнародній науково-практичній конференції “Гуманізм та освіта” (Вінниця, 2006 р.); XXV Міжнародній науково-практичній конференції “Применение лазеров в медицине и биологии” (Луцьк, 2006 р.); V Международной научно-практической конференции по высоким технологиям и фундаментальным исследованиям “Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности” (С.-Петербург, 2008 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції “Психологические технологии в экстремальных видах деятельности” (Донецьк, 2009 р.).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані в 17 друкованих працях, з яких 1 монографія, 5 статей у наукових фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України, 10 матеріалів і тез доповідей конференцій.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація містить вступ, 4 розділи, висновки, додатки. Повний обсяг дисертації 186 сторінок. У тому числі, 144 сторінки основного тексту, 51 рисунок, 13 таблиць і 5 додатків на 12 сторінках. Список використаних літературних джерел містить 185 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

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

У першому розділі – “Аналіз існуючих методів та засобів оцінювання операторів” – проведено аналіз структурно-функціональної організації існуючих поліграфів, що дозволило запропонувати їх класифікацію, визначити їх особливості і недоліки. Значна увага приділена аналізу структури, змісту і показників професійної діяльності операторів поліграфа, а також, методів та апаратури для їхнього тестування. Обґрунтовано необхідність розробки психограми і професіограми оператора поліграфа, як одного із головних чинників забезпечення об'єктивності і надійності психофізіологічного тестування операторів поліграфа.

Другий розділ присвячено "Розробленню методу тестування і моделі автоматизованої системи для тестування оператора поліграфа".

Розроблено інформаційно-методичне підґрунтя процесу прийняття рішень оператором поліграфа у вигляді інформаційно-структурних моделей психологічної (рис. 1) і фізіологічної (рис. 2) компонент при прийнятті рішень, що дозволило визначити механізм прийняття рішень оператором поліграфа при відповіді на питання тесту.

Особливістю представленої структури (рис. 1), як і процесу тестування, є те, що питання тесту (вхідні стимули) сприймаються тільки одним із аналізаторів, а саме – візуальним, без участі слухового та сомато-сенсорного, що в деякій мірі впливає на швидкість як сприйняття, так і усвідомлення змісту питання. Це призводить до збільшення часових затрат на наступних етапах прийняття рішення, а саме - при попередньому аналізі змісту питання та визначенні оцінки співвідношення питання/варіант відповіді. На відміну від ситуації, розглянутої іншими авторами, запропоновано кількість рівнів прийняття рішення кандидатом збільшити і частково трансформувати в наступні: ситуаційний рівень, інтуїтивний рівень, логічний рівень, аналітичний рівень, комплексний рівень. Після прийняття рішення, 90% кандидатів, як правило, обов'язково здійснюють так званий просторово-смысловий експрес-аналіз прийнятого рішення і тільки після цього натискають на ту чи іншу клавішу варіанта відповіді.

Незважаючи на те, що механізм прийняття рішень кандидатом, представлений на рис. 1, в значній мірі визначається впливом психічної компоненти, на кінцевий результат тестування в неявній формі впливають також фізіологічна компонента (внутрішній фізіологічний стан), зовнішні (збуджуючі) та гальмівні впливи, які, в свою чергу, враховуються на логічному та аналітичному рівнях прийняття рішень.

На відміну від структури на рис. 1, представлена модель (рис. 2) має додаткову гілку кількісного і якісного контролю складових фізіологічної компоненти, таких як: частота пульсу, температура тіла, шкірно-гальванічна реакція, показники дихання, тремор верхніх кінцівок.

Рис. 1. Інформаційна структурна модель процесу прийняття рішень кандидатом при тестуванні (психічна компонента)

Рис. 2. Інформаційна структурна модель процесу прийняття рішень кандидатом при тестуванні (фізіологічна і психічна компонента)

Введення контролю фізіологічної компоненти змінює механізм прийняття рішень, робота якого розпочинається із визначення кількісних показників фізіологічної компоненти під час ознайомлення кандидата із інструкцією по проходженню тесту. Ці показники надалі враховуються як початковий фоновий стан, відносно якого, автоматично для кожного кандидата, по-перше, встановлюються межі індивідуальних динамічних діапазонів норми контролюємих фізіологічних показників і, по-друге, - здійснюється порівняння поточних значень цих же показників під час тестування.

Розуміння механізму прийняття рішень оператором поліграфа дозволяє перейти до розроблення математичного апарату для тестування і відбору кандидатів на посаду оператора поліграфа, використовуючи теорію нечітких множин, яка передбачає наявність термів лінгвістичної змінної, визначення функцій належності, етапи фазифікації, формалізації завдань в термінах нечіткої логіки, побудову ієрархічних систем нечіткого висновку.

Існує два способи створення ієрархічних систем нечіткого висновку.

1. Виконання нечіткого висновку для проміжних змінних з наступною передачею чітких значень цих змінних у нечіткі системи наступного рівня ієрархії за допомогою процедур дефазифікації і фазифікації.

2. Процедури дефазифікації й фазифікації для проміжних змінних не виконуються. Результат логічного висновку у вигляді нечіткої множини прямо передається в машину нечіткого висновку наступного рівня ієрархії. Тому для опису проміжних змінних в ієрархічних нечітких базах знань досить задати тільки терми-множини без визначення функцій належностей.

Очевидно, що другий метод дає переваги: звільняє користувача від необхідності задання функцій належності для проміжних змінних; використання в якості основи нечіткого висновку по Сугено, що дозволяє уникнути накопичення нечіткості, коли відсутність проміжних процедур фазифікації/дефазифікації знижує обчислювальну похибку.

Побудуємо модель формування ієрархічного нечіткого висновку (рис.3), в якій:

1. Вектор вхідних змінних, що використовуються на всіх кроках нечіткого висновку, має вигляд: $(x = \{x_1, x_2, \dots, x_m\})$.

Рис. 3. Модель ієрархічного нечіткого логічного висновку

2. Здійснюється перетворення вхідних змінних у нечітку форму (процедура фазифікації).

3. Здійснюється цикл $i := 1 \dots N$ (де N – число кроків нечіткого висновку).

3.1. Виконується процедура нечіткого логічного висновку з використанням відповідних змінних й відповідної бази правил.

3.2. Якщо $i = N$, то здійснюється дефазифікація результату, інакше отримана нечітка множина y_i передається на вхід процедури нечіткого логічного виводу наступного рівня ($i := i + 1$).

4. Відбувається процедура дефазифікації.

Запропонована модель реалізована у вигляді алгоритму, в основу якого покладено нечіткий логічний висновок по Сугено. Математична модель дозволяє ухвалити рішення про вибір якнайкращого кандидата на основі порівняння профілей кожного претендента з оптимальним профілем працівника з урахуванням важливості даних якостей особи для даної сфери діяльності

При цьому оцінюються тільки особистісні якості, оскільки передбачається, що професійні характеристики і спеціальні навички враховані на попередніх етапах відбору. У даній моделі:

$$\begin{aligned} X_1 &= \{x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1j}, \dots, x_{116}\} \\ X_2 &= \{x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2j}, \dots, x_{216}\} \\ &\dots \\ X_n &= \{x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nj}, \dots, x_{n16}\} \end{aligned}$$

де X_1, X_2, \dots, X_n - список кандидатів на вакансію (складені нечіткі змінні),

$x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i16}$ - особистісні чинники i -го кандидата (також нечіткі змінні: товариськість, інтелект, емоційна стійкість та ін.).

Ступені володіння даними особистісними якостями визначаються за допомогою тесту і варіюються від 1 до 10. Діапазон від 1 до 10 складає безліч можливих значень x_{ij} і є універсальною множиною U , при цьому u (загальне позначення елементів множини U) вважається базовою змінною для x_{ij} .

Використовуючи визначену експертним методом оптимальну ступінь володіння особистісними чинниками, формуємо обмеження - нечітку множину $R_{(x_{ij})}$, що є вимогами до кандидата. Вони ставлять у відповідність кожному з можливих значень x_{ij} міру належності

підмножині $R(x_{ij})$. Цей захід за яким задовольняється обмеження R , називається сумісністю значення u з R і позначається $c_{x_{ij}}$.

Позначимо оптимальний ступінь володіння j -ою якістю як u_j^* (табличні дані). Тоді нечітке обмеження $c_{x_{ij}}$ для i -го кандидата і j -го особистісного чинника визначається з виразу:

$$c_{x_{ij}}(u) = \begin{cases} 1 - \frac{|u - u_j^*|}{11 - u}, & u < 5 \\ 1 - \frac{|u - u_j^*|}{u}, & u \geq 5 \end{cases} \quad (3)$$

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

Позначимо визначені експертним методом ваги важливості кожної особистісної характеристики як W_j . Тоді ступінь відповідності "ідеальному" працівникові (позначимо її як СВІП) може бути отримана за формулою

$$СВІП = \sum_{j=1}^{16} c_{x_{ij}}(u) W_j, \quad (4)$$

де СВІП = $[0;1]$ - ступінь відповідності "ідеальному" працівникові;

$W_j, j = [1;16]$ - ваги (важливість) кожної з компонентів X_i - кожній з 16 оцінюваних якостей i -го кандидата;

$c_{x_{ij}}$ - міра відповідності значення j -го компоненту X_i нечіткому обмеженню $R(x_{ij})$ на цей компонент для i -ого кандидата.

Максимальне значення величини СВІП дорівнює 1, тобто чим ближче до 1, тим більше відповідає кандидат "ідеальному" профілю працівника. За бажанням в модель можна також включити необхідні умови (мінімальний рівень володіння якою-небудь якістю), які перевіряються насамперед. Наприклад, ступінь відповідності обмеженню на деяку якість має бути не нижче 0,5.

Інформаційно-структурну модель БТС для тестування оператора поліграфа і визначення його професійної придатності можна представити таким чином (рис. 4).

Рис. 4. Інформаційно-структурна модель біотехнічної системи тестування оператора поліграфа

Представлена модель дозволяє оцінити рівень психофізіологічної придатності за інтегральним показником, який враховує поточні, максимальні і мінімальні значення динамічних і квазістаціонарних сигналів, їх зміни та відхилення в процесі тестування.

Інтегральний показник рівня психофізіологічної придатності оператора α визначається наступним чином

$$\alpha = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{n} \cdot \left(\prod_{i=1}^n \theta(z_{x_i}) \right) \cdot \sum_{i=1}^n z_{x_i} + \frac{1}{m} \cdot \left(\prod_{j=1}^m \theta(z_{y_j}) \right) \cdot \sum_{j=1}^m z_{y_j} \right], \quad (5)$$

де n - кількість динамічних показників, що вимірюються;

$\theta(z_{x_i}), \theta(z_{y_j})$ - функція Хевісайда;

$$Z_{x_i} = \begin{cases} 1, & \text{при } x_{i\min} < x_{iT} < x_{i\max} \\ 0.5, & \text{при } 0.99 \cdot x_{i\min} \leq x_{iT} \leq x_{i\min} \text{ або} \\ & x_{i\max} \leq x_{iT} \leq 1.01x_{i\max} \\ 0, & \text{при всіх інших значеннях } x_{iT} \end{cases},$$

де x_{iT} - поточне значення і-го динамічного показника;

$x_{i\max} = x_{i\phi} + 5\%x_{i\phi}$; $x_{i\min} = x_{i\phi} - 5\%x_{i\phi}$ - мінімальні та максимальні значення меж динамічного діапазону і-го динамічного показника;

$x_{i\phi}$ - фонове значення і-го показника, яке було визначено безпосередньо перед початком тестування;

m – кількість квазістаціонарних сигналів, що вимірюються;

$$Z_{y_j} = \begin{cases} 1, & \text{при } y_{j\min} < y_{jT} < y_{j\max} \\ 0.5, & \text{при } 0.99 \cdot y_{j\min} \leq y_{jT} \leq y_{j\min} \text{ або} \\ & y_{j\max} \leq y_{jT} \leq 1.01y_{j\max} \\ 0, & \text{при всіх інших значеннях } y_{jT} \end{cases},$$

де y_{jT} - поточне значення j-го квазістаціонарного показника;

$y_{j\max} = y_{j\phi} + 5\%y_{j\phi}$; $y_{j\min} = y_{j\phi} - 5\%y_{j\phi}$ - максимальні та мінімальні значення меж динамічного діапазону j-го квазістаціонарного показника;

$y_{j\phi}$ - фонове значення j-го квазістаціонарного показника, яке було визначено безпосередньо перед початком тестування.

Кінцевий розрахунок ступіні відповідності кандидата здійснюємо за формулою

$$СВП = \sum_{j=1}^{16} \alpha_j c_{x_{ij}}(u) W_j, \quad (6)$$

Таким чином, розроблена інформаційно-структурна модель біотехнічної системи для тестування операторів поліграфа дозволяє визначити обов'язкові блоки та елементи, що повинні увійти до його складу. Це - фізіологічний сенсор, що забезпечує вимірювання динамічних та квазістаціонарних сигналів в режимі прихованого контролю; програмний тестовий комплекс, базовим тестом якого є тест "Визначення типу особистості" Дж. Олдхема і Л. Морріс, доповнений питаннями шкали відвертості та інші.

Однією із особливостей біотехнічної системи для тестування операторів поліграфа є те, що процес вимірювання фізіологічних показників фактично виконує індикативні функції і саме це зумовлює некритичність вимог до похибок вимірювальних каналів фізіологічного сенсора.

Зразок поверхонь прийняття рішення по відповідності особистісних чинників кандидата наведено на рис. 5.

Рис. 5. Поверхня залежності відповідності кандидата від визначених чинників

У третьому розділі – "Розроблення біотехнічної системи для тестування оператора поліграфа":

- розроблено структурні схеми біотехнічної системи для тестування оператора (рис. 6) і фізіологічного сенсора для режиму прихованого контролю, який забезпечує: у варіанті виконання "комп'ютерна миша" прихований контроль складових фізіологічної компоненти: розміру зіниці ока, пульсової хвилі, рівня сатурації кисню в крові, ШГР і температури тіла; у

варіанті “світлове перо” - додатково до визначених складових фізіологічної компоненти, контроль тремору верхніх кінцівок;

Рис. 6. Структурна схема БТС для тестування операторів

- запропоновано використовувати у складі фізіологічного сенсора модуля фотоплетизмографії і пульсоксиметрії для контролю змін насиченості артеріальної крові киснем. Зміна насиченості крові киснем, на відміну від частоти серцевих скорочень, яку кандидат може відчувати і регулювати, такій корекції або регулюванню не піддається, оскільки кандидат не знає, відбулися зміни чи ні. Це дозволяє визначити показники сатурації артеріальної крові киснем як об'єктивні і незалежні від зовнішніх впливів.

Застосування у складі фізіологічного сенсора модуля пупілометрії є ще одним технічним засобом підвищення об'єктивності тестування і незалежності контролю ФС від впливу кандидата, оскільки, як і у випадку контролю сатурації крові, кандидат не знає чи відбуваються зміни розмірів зіниці ока, обумовлені його внутрішнім хвилюванням при виборі варіанту відповіді на те чи інше запитання.

У четвертому розділі – "Застосування біотехнічної системи для тестування оператора поліграфа в практичній діяльності" розроблено рекомендації щодо побудови психограми оператора поліграфа та методика відбору кандидатів на посаду операторів поліграфа. Проведено оцінку адекватності розроблених моделей та ефективності роботи системи.

В таблиці 1 наведені результати порівняння АБТС-ТОП з іншими, вищезазначеними системами.

Таблиця 1

Результати порівняння системи

№ п/п	Характеристика, показник, критерій	Автоматизована система, програмний комплекс					
		Розроблена АБТС-ТОП	Професор-2000	СТАТУС	ПРОФІ	РОФЕС-діагностика	ІАПДК-01
1	Загальна надійність тестування: висока, середня, низька	висока	висока	висока	висока	висока	висока
2	Наявність впливу зміни ФС оператора на результат тестування	-	-	+	+	дані не відомі	-
3	Наявність режиму прихованого контролю 1 фізіологічної компоненти	+	-	-	-	-	+
4	Наявність режиму прихованого контролю 2 фізіологічної компоненти	+	-	-	-	-	-
5	Наявність режиму відкритого контролю фізіологічної компоненти	+	дані не відомі	+	-	-	+
6	Наявність психограми оператора поліграфа	+	-	-	-	-	-
7	Визначення відповідності кандидата або оператора вимогам психограми (п. 6)	+	-	-	-	-	-

Проведений аналіз підтвердив теоретичні положення і практичні результати, що були розроблені і отримані в даному дисертаційному дослідженні, та дозволив визначити

автоматизовану біотехнічну систему для тестування операторів поліграфа першим спеціалізованим апаратно-програмним комп'ютерним засобом, здатним визначити професійну придатність операторів з високою точністю і вірогідністю.

В додатках представлені база знань, акти впровадження і проект медико-технічних вимог на автоматизовану біотехнічну систему для тестування оператора поліграфа.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отримані теоретичні, методичні та науково-практичні результати в галузі створення методів, приладів та автоматизованих систем і комплексів для тестування операторів поліграфа. Основні наукові і практичні результати полягають в наступному:

1. Проведений аналіз та оцінка структурно-функціональної організації поліграфів, методів і засобів діагностики психофізіологічної надійності операторів поліграфа підтвердили неможливість їх застосування в якості програмно-технічних засобів для тестування і прийняття остаточного рішення по кандидату на посаду оператора і визначили ті особливості їх професійної діяльності, які є домінуючими при тестуванні і психофізіологічному відборі.

2. Запропоновано класифікацію чинників ефективності поліграфічного обстеження, що забезпечує об'єктивізацію процесу поліграфічного дослідження, яка включає в себе критерії професійної підготовки, особистісні професійно-важливі якості кандидата, первинні обмеження на дослідження та етапи їх проведення і визначає в якості головного критерію оцінки ПВЯ кандидата вимогам професіограми, інструментальний контроль психофізіологічного стану оператора поліграфа, який здійснюється в двох режимах: відкритого і прихованого контролю.

3. Вперше запропонована класифікація сучасних комп'ютерних поліграфів, яка в якості класифікаційних критеріїв використовує функціональні можливості, перелік реєструємих фізіологічних показників, експлуатаційні характеристики та узагальнений критерій – співвідношення кількості каналів/вартість, що забезпечує користувачу адекватний вибір поліграфа.

4. Розроблено інформаційно-методичне підґрунтя процесу прийняття рішень оператором поліграфа у вигляді інформаційно-структурних моделей психічної і фізіологічної компонент функціонального стану, які, на відміну від відомих, враховують взаємодію психічної і фізіологічної компонент при прийнятті рішень, що дозволило визначити механізм прийняття рішень оператором поліграфа при відповіді на питання тесту, підвищивши тим самим вірогідність тестування.

5. Вперше для задач тестування і відбору операторів поліграфа розроблено математичний апарат з використанням теорії нечітких множин, коли застосувавши алгоритм Сугено і коефіцієнт конкордації Кендалла стає можливим врахувати не тільки стан психічної компоненти, а і фізіологічної з одночасним корегуванням коефіцієнта СВІП, що дозволяє уникнути накопичення нечіткості, при якому відсутність проміжних процедур знижує обчислювальну похибку і в кінцевому результаті підвищує вірогідність правильного рішення, прийнятого автоматизованою біотехнічною системою для тестування операторів поліграфа.

6. Розроблено модель біотехнічної системи для тестування оператора поліграфа, обумовлену визначеним механізмом прийняття рішень і комплексом контролюємих фізіологічних показників, що дозволяє діагностувати психофізіологічну придатність оператора поліграфа за інтегральним показником, який враховує поточні, максимальні і мінімальні значення динамічних і квазістаціонарних сигналів, їх динаміку в процесі тестування, які вимірюються і обробляються біотехнічною системою для тестування операторів поліграфа, структура якої адекватна розробленій моделі.

7. Розроблено структурні схеми біотехнічної системи для тестування оператора і фізіологічного сенсора для режиму прихованого контролю, який у варіанті виконання "комп'ютерна миша" забезпечує прихований контроль складових фізіологічної компоненти: розміру зіниці ока, пульсової хвилі, рівня сатурації кисню в крові, ШГР і температури тіла; а у варіанті "світлове перо" - додатково до визначених складових фізіологічної компоненти, контроль тремору верхніх кінцівок, що в підсумковому результаті забезпечує не менше як 88-90% діагностику психофізіологічного стану кандидата.

8. Вперше створено психограму оператора поліграфа, яка визначає систему психофізіологічних вимог і протипоказань до його особистості та виконання ним професійних обов'язків, що забезпечує відповідність ПВЯ кандидата, як суб'єкта професійної діяльності, вимогам психограми (професіограми) і виключає можливість неадекватної діяльності оператора при прийнятті рішення по результатам обстеження.

9. Результати дисертаційної роботи впроваджено в системі ОВС України і навчальному процесі кафедри проектування медико-біологічної апаратури ВНТУ, що підтверджено відповідними актами.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Інформаційна технологія психофізіологічного тестування і відбору персоналу для органів внутрішніх справ України : [Монографія] / [С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, М. Т. Бондарчук та ін.] - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. - 154 с.

2. Використання імітаторів шумів для підвищення співвідношення сигнал/шум при реєстрації наднизьких електричних сигналів / [Злепко С. М., Ковальчук Б. М., Савінов І. М., Тимчик С. В.] // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1997. - № 2. - С. 96-101.

3. Тимчик С. В. Технологія психофізіологічного тестування / С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, С. В. Тимчик // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2005. - № 2. - С. 141-143.

4. Інтегральний автоматизований психофізіологічний комплекс для психофізіологічного відбору і тестування персоналу / [С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, С. В. Тимчик та ін.] // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2005. - № 2. - С. 143-147.

5. Тимчик С. В. Характеристика професійної діяльності оператора-поліграфа / С. М. Злепко, С. В. Тимчик // Нові технології. - 2008. - № 3 (21). - С. 47-53.

6. Тимчик С. В. Порівняльна оцінка інформаційної організації технологій психофізіологічного тестування і відбору персоналу / С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, С. В. Тимчик // Східно-Європейський журнал передових технологій. - 2008. - № 3/2 (33). - С. 41-48.

7. Тимчик С. В. Концептуальні основи теорії психофізіологічної надійності / С. М. Злепко, М. Т. Бондарчук, С. В. Тимчик // Вісник Хмельницького національного університету. - 2005. - Ч.1, Т. 2, № 4. - С. 87-89.

8. Особенности создания тестово-моделирующих структур для оценки профессиональной деятельности / [С. М. Злепко, С. В. Тимчик, Л. Г. Коваль та ін.] // Фотоніка-ОДС 2002 : II Міжнародна науково-технічна конференція, 23-25 квітня 2002 р. : тези доповідей. - Вінниця, 2002. - С. 52.

9. Тимчик С. В. Основні напрямки розвитку та принципи проектування мікрокомп'ютерних біотехнічних систем / С. М. Злепко, С. В. Тимчик, Л. Г. Коваль // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2005) : I Міжнародна конференція, 2 – 5 червня 2005 р. : матеріали доповідей. - Вінниця, 2005. - С. 161.

10. Апаратно-програмний комплекс для оцінювання функціонального стану людини. Ч.1, 2 / С. Злепко, Л. Коваль., С. Тимчик, В. Думенко // Сучасні проблеми радіоелектроніки,

телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2009) : IV Міжнародна науково-технічна конференція, 8 – 10 жовтня 2009 р. : матеріали доповідей. - Вінниця, 2009. – Ч. 2. - С. 41-42.

11. Тимчик С. В. Система контролю психофізіологічної надійності спеціаліста-поліграфолога / С. М. Злепко, С. В. Тимчик, Л. Г. Коваль // Психологічні технології в екстремальних видах діяльності : V Міжнародна науково-практична конференція, 28-29 травня 2009 р. : матеріали докл. – Донецьк, 2009. - С. 401-404.

12. Тимчик С. В. Критерій визначення психологічної сумісності персоналу / С. М. Злепко, С. В. Тимчик, Л. Г. Коваль // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2005) : VIII Міжнародна науково-технічна конференція, 24-27 жовтня 2005 р. : тези доповідей. – Вінниця, 2005. – С. 279.

13. Особливості побудови класифікацій контролю психофізіологічної надійності / [Злепко С. М., Бондарчук М. Т., Чернецький Р. В. та ін.] // Сучасні наукові дослідження – '2006 : II Міжнародна науково-практична конференція, 20-28 лютого 2006 р. : матеріали доповідей. – Дніпропетровськ, 2006 р. - Т. 34. Психологія та соціологія. - С. 23-25.

14. Тимчик С. В. Психограма оператора поліграфа (спеціаліста-поліграфолога) / С. Тимчик, С. Злепко, Н. Гаврилова // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2007) : III Міжнародна науково-технічна конференція, 31 травня – 2 червня 2007 р. : матеріали доповідей. – Вінниця, 2007. - С. 206-207.

15. Програма "Медична техніка для Вінниці" / [С. Злепко, Г. Бондарчук, С. Тимчик та ін.] // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2007) : III Міжнародна науково-технічна конференція, 31 травня – 2 червня 2007 р. : матеріали доповідей. – Вінниця, 2007. - С. 188-189.

16. Психофізіологічний підхід при дослідженні механізмів прийняття рішень студентами / [С. Злепко, С. Тимчик, Н. Гаврилова та ін.] // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2007) : III Міжнародна науково-технічна конференція, 31 травня – 2 червня 2007 р. : матеріали доповідей. – Вінниця, 2007. - С. 191-192.

17. Тимчик С. В. Комплексна здоров'язберігаюча технологія підготовки фахівців у Вінницькому національному технічному університеті / С. М. Злепко, С. В. Тимчик, А. П. Моторний // Гуманізм та освіта : VIII Міжнародна науково-практична конференція, 19-21 вересня 2006 р. : матеріали доповідей. - Вінниця, 2006. - С. 396-399.

АНОТАЦІЯ

Тимчик С. В. Автоматизована біотехнічна система для тестування оператора поліграфа. – Рукопис.

Дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи. - Вінницький національний технічний університет, Вінниця - 2010.

В дисертаційній роботі проведено аналіз програмно-технічних засобів, за допомогою яких можна було б визначати не тільки рівень професійної придатності операторів поліграфа при професійному відборі, а і забезпечувати постійний контроль за його психофізіологічною та професійною надійністю шляхом періодичних перевірок на відповідному обладнанні. Рішення існуючої проблеми полягає в тому, щоб створити для кандидата такі умови тестування, і відповідно, апаратуру, коли навіть професіонал найвищого рівня не зміг би відчувати, що при проведенні тестування здійснюється інструментальний контроль за його психоемоційною і фізіологічною сферами.

Для цього запропоновано класифікацію чинників ефективності дослідження і визначено в якості головного критерій оцінки відповідності професійно важливих якостей кандидата вимогам професіограми та інструментальний контроль психофізіологічного стану кандидата, який здійснюється в двох режимах: відкритого і прихованого контролю.

Розроблено модель біотехнічної системи для тестування оператора поліграфа, обумовлену визначеним механізмом прийняття рішень і комплексом контролюємих фізіологічних показників, що дозволяє діагностувати психофізіологічну придатність оператора поліграфа за інтегральним показником, який враховує поточні, максимальні і мінімальні значення динамічних і квазістаціонарних сигналів, їх динаміку в процесі тестування, які вимірюються і обробляються біотехнічною системою для тестування операторів поліграфа.

Ключові слова: поліграф, оператор, тестування, професіограма.

АННОТАЦИЯ

Тымчик С. В. Автоматизированная биотехническая система для тестирования оператора полиграфа.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. - Винницкий национальный технический университет, Винница - 2010.

Популярность использования полиграфов в кадровой работе вызвана высокой точностью обследования и достоверностью полученных результатов, оперативностью и другими факторами.

Эффективность и качество проверок с использованием полиграфа обусловлены рядом факторов, среди которых необходимо выделить: использование качественной аппаратуры, высокий уровень профессионализма оператора полиграфа.

В диссертационной работе проведен анализ программно-технических средств, с помощью которых можно было бы определять не только уровень профессиональной пригодности операторов полиграфа при профессиональном отборе, но и обеспечивать постоянный контроль за его психофизиологической и профессиональной надежностью путем периодических проверок на соответствующем оборудовании. Решение существующей проблемы заключается в том, чтобы создать для кандидата такие условия тестирования, и соответственно, аппаратуру, когда даже профессионал высочайшего уровня не смог бы почувствовать, что при проведении тестирования осуществляется инструментальный контроль за его психоэмоциональной и физиологической сферами.

Для этого предложена классификация факторов эффективности исследования и определено в качестве главных критерий оценки соответствия профессионально важных качеств кандидата требованиям профессиограммы и инструментальный контроль психофизиологического состояния кандидата, который осуществляется в двух режимах: открытого и скрытого контроля.

Разработана математическая модель с использованием теории нечетких множеств, когда применив алгоритм Сугено и коэффициент конкордации Кендалла становится возможным учесть не только состояние психической компоненты, но и физиологической с одновременной корректировкой полученных результатов, что позволяет избежать накопления нечеткости, при котором отсутствие промежуточных процедур снижает вычислительную погрешность и в конечном итоге повышает вероятность правильного решения, принятого автоматизированной биотехнической системы для тестирования операторов полиграфа

Разработана модель биотехнической системы для тестирования оператора полиграфа, обусловленная определенным механизмом принятия решений и комплексом контролируемых физиологических показателей, что позволяет диагностировать психофизиологическую пригодность оператора полиграфа по интегральному показателю, который учитывает текущие, максимальные и минимальные значения динамических и квазістаціонарних сигналів, їх динаміку в процесі тестування, які вимірюються і обробляються біотехнічною системою для тестування операторів поліграфа. Предложены рекомендации по конструктивной реализации физиологического сенсора для

режима скрытого контроля, который обеспечивает скрытый контроль параметров физиологической компоненты, что в конечном итоге обеспечивает более точную диагностику психофизиологического состояния кандидата.

Создана психограмма оператора полиграфа, которая определяет систему психофизиологических требований и противопоказаний к его личности и исполнения ним профессиональных обязанностей, что обеспечивает соответствие профессионально важных качеств кандидата, как субъекта профессиональной деятельности, требованиям психограммы.

Ключевые слова: полиграф, оператор, тестирование, профессиограмма.

SUMMARY

Timchik S. V. Automated Biotechnical System for Testing of Poligraph's Operator. – Manuscript.

Thesis for Ph.D. degree in the speciality 05.11.17 – Biological and Medical Equipments and Systems. - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2010.

The analysis of middleware is made in the dissertation work. It allows to determine not only the level of professional fitness of poligraph operators during professional selection but also to provide permanent control of his/her psychophysiological qualities and professional level by periodic testing on the proper equipment. The decision of existent problem is to create such terms of testing for a candidate, and accordingly, apparatus, when even the professional of the highest level would not be able to feel that during the the testing the instrumental control of his/her emotional and physiological states is carried out.

For this purpose the classification of efficiency research factors is offered and defined as major criterion of profficiency estimation of a candidate and his/her suitability to the requirements of profессиogram and instrumental control of the psychophysiological state of the candidate. The control is carried out in two modes: open and hidden control.

The model of the biotechnical system is developed for poligraph operator testing and is conditioned by certain mechanism of a decision making and the complex of controled physiological indexes. It allows to diagnose the psychophysiological fitness of poligraph operator accordint to his/her integral index, which takes into consideration current, maximal and minimum values of dynamic and quasistationary signals. Dynamics of these indexes during the testing process is measured and processed by the biotechnical system for poligraph operator testing.

Keywords: poligraph, operator, testing, profессиogram.

Підписано до друку 07.05.2010 р. Формат 29.7 ×42¼
Наклад 100 прим. Зам. № 2010-083
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету.
м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-81-59