

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ШТОФЕЛЬ ДМИТРО ХУАНОВИЧ

УДК 355.252:159.9.07

**БІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СУМІСНОСТІ ЛЮДИНИ ТА
ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ ЗА АНТРОПОМЕТРИЧНО-ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИМИ
ПОКАЗНИКАМИ**

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,
заслужений діяч науки і техніки України
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 та
систем

Захист відбудеться "14" січня 2011 р. о 9³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради
Д 05.052.02 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м.
Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ауд. 210, ГНК

З дисертацією можна ознайомитись у Вінницькому національному технічному університеті за
адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95

Автореферат розісланий "13" грудня 2010 р.

В. о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради

В. Ю. Кучерук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Впродовж всієї історії розвитку вогнепальної зброї і, зокрема, ручної короткоствольної — пістолетів та револьверів — розробники намагалися створити максимально універсальний, надійний та зручний у застосуванні тип зброї, орієнтований на озброєння максимального числа військовослужбовців, співробітників внутрішніх військ, міліції та поліції, спецслужб і служб безпеки. На сьогоднішній день існує велика різноманітність моделей вогнепальної зброї, які відрізняються між собою як за призначенням, так і за характеристиками.

Аналіз інтересів та запитів з боку Міністерства внутрішніх справ України, Міністерства оборони України до наукових результатів, які можуть бути впроваджені в процес відбору і підготовки особового складу, як і опитування експертів, дозволяє визначити проблему ефективного використання вогнепальної зброї як таку, що потребує нагального вирішення. Складовими цієї проблеми є: несанкціоноване використання зброї, неефективне її застосування, визначення персональної спроможності людини до підвищення результатів стрільби, швидкість реакції та адекватність дій працівника при безпосередній загрозі тощо. Оптимальний індивідуалізований підбір зброї з точки зору наведеної проблеми являє собою актуальну науково-прикладну задачу, адже для забезпечення оптимального виконання однакових задач, людям з різними антропометричними показниками підходять різні типи (моделі) вогнепальної зброї.

Оцінка функціональної взаємодії людини та вогнепальної зброї не обмежується лише фізичними показниками. Значний вплив на неї мають і психофізіологічні чинники, такі як стомлюваність, здатність до адекватних дій в стресовій ситуації, до оперативної адаптації у швидкозмінному середовищі, загальний фізичний стан людини.

Спроби отримати вищезазначену оцінку за допомогою сучасних стрілкових тренажерів виявили їх непридатність для вирішення існуючої проблеми, що і дозволило зробити висновок про необхідність розробки спеціалізованої діагностичної біотехнічної системи, здатної забезпечити вибір короткоствольної зброї, адекватної психофізіологічному та антропометричному статусу стрільця.

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 та розроблення новітніх методів, приладів і технологій (зокрема, наказ МВС України від 26.05.2005 № 385) та згідно планів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Вінницького національного технічного університету МОН України в рамках держбюджетної НДР 30-Д-289 «Створення автоматизованих діагностичних систем для оцінювання функціонального стану людини» (№ держреєстрації 01058U002421) і держбюджетної НДР 30-Д-313 «Створення інформаційних технологій для оцінювання стану і визначення індексу здоров'я людини» (№ держреєстрації 0108U00056).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення адекватності вибору короткоствольної вогнепальної зброї психофізіологічним та антропометричним характеристикам стрільця шляхом створення діагностичної біотехнічної системи для визначення антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності людини і короткоствольної зброї.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз існуючих методів та засобів для оцінки сумісності людини і зброї;
- розробити метод визначення антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності людини і короткоствольної зброї;
- побудувати модель для формування бази знань по антропометрично-психофізіологічній функціональній сумісності людини і вогнепальної зброї;
- розробити програмний тестовий комплекс для визначення типу особистості;
- запропонувати систему оціночних критеріїв для визначення сумісності людини і зброї;
- розробити діагностичну систему для визначення антропометрично-

психофізіологічної функціональної сумісності;

- провести експериментальні дослідження діагностичної біотехнічної системи.

Об'єкт дослідження — процес функціонування біотехнічної системи «стрілець — зброя».

Предмет дослідження — діагностична система для визначення антропометрично-психофізіологічної сумісності людини і короткоствольної зброї.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі для отримання основних результатів було застосовано теоретичні та експериментальні методи аналізу антропометричних та психофізіологічних показників людини — для визначення і вимірювання індивідуальних особливостей стрільців та моделювання процесу стрільби; основні положення системного аналізу — при опрацюванні літературних джерел та для визначення значимих для оцінювання антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності людини і вогнепальної зброї (АПФС) показників; теорії біомедичних систем — для розробки діагностичної системи та окремих її складових; математичне моделювання і математичну статистику — при створенні статистичної моделі визначення АПФС; експертні методи — при оцінюванні адекватності роботи системи; основи синтезу — при проектуванні структурних схем діагностичної системи та програмного комплексу; теорію інформаційно-вимірювальних систем — про розробці вимірювального каналу системи; комп'ютерну обробку інформації та елементи нечіткої логіки — при створенні баз даних та знань, опрацюванні результатів вимірювання; елементи теорії автоматичного керування — при розробці діагностичної системи; психодіагностику та функціональну діагностику — при розробці методу визначення АПФС.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше сформульовано, і, за допомогою системи експериментальних фактів підтверджено гіпотезу, відповідно до якої, для кожної людини існує обмежена кількість типів адаптованої під неї, індивідуально підібраної, короткоствольної вогнепальної зброї, такої, яка відповідає її антропометричним характеристикам, психофізіологічному та емоційному статусу, що дозволило ввести новий оціночний критерій — АПФС, що представляє собою ергономічно-обумовлену, кількісно визначену і психофізіологічно обґрунтовану відповідність масо-габаритних і тактико-технічних характеристик короткоствольної зброї психоемоційному функціональному стану людини, що її застосовує.

2. Вперше розроблено статистичний метод визначення сумісності людини та короткоствольної вогнепальної зброї, що базується на класифікації антропометрично-психофізіологічних параметрів людини та індукованій нею класифікації зброї, який, на відміну від відомих, використовує математичну модель перетворення бази даних на базу знань, що створює умови для відбору висококласних стрільців та індивідуалізації вибору зброї.

3. Отримав подальшого розвитку метод визначення антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності людини і короткоствольної зброї в частині підтвердження того, що необхідною умовою ефективною стрільби є взаємоузгодженість комплексу індивідуальних антропометричних і психофізіологічних характеристик людини з конкретним типом короткоствольної зброї, що забезпечує її ефективно та максимально безпечно застосування.

4. Введено систему нових оціночних критеріїв на основі методу визначення антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності людини і зброї, таких як: коефіцієнт стійкості утримання пістолета, коефіцієнт комфортності застосування пістолета, коефіцієнт якості стрільби і коефіцієнт самоконтролю якості стрільби, яка дозволяє оцінювати кількісно та якісно результати вибору типу зброї для конкретної людини.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Розроблено діагностичну систему для визначення антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності людини і короткоствольної зброї у вигляді функціонально пов'язаних самостійних структур: пістолета, мішені, обчислювального комплексу і стрільця, яка у сукупності з програмним забезпеченням забезпечує реалізацію

розробленого метода і визначає рівень відповідності вибраної зброї об'єктивним індивідуальним характеристикам стрільця.

2. Розроблено тестовий програмний комплекс для визначення типу особистості за Айзенком, який, на відміну від існуючих, разом із визначенням типу особистості, визначає рухливість та силу нервових процесів за складною зорово-моторною реакцією (СЗМР), силу нервових процесів за функціональною рухливістю зорового аналізатора, що забезпечує повноту визначення типу особистості при одночасному підвищенні загальної надійності та достовірності тестування до 90 %.

3. Запропоновано, на базі серійного пістолета, його модифіковану конструкцію, яка доопрацьована в частині розміщення: в стволі пістолета імітатора віддачі і лазерного випромінювача; в рукоятці — системи тензодатчиків і датчиків шкірно-гальванічної реакції, блоку живлення і блоку підсилювачів, що дозволяє практично повністю імітувати бойову стрільбу.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в структурі Управління Міністерства внутрішніх справ України у Вінницькій області, а також у навчальний процес кафедри проектування медико-біологічної апаратури Вінницького національного технічного університету.

Особистий внесок здобувача. Всі результати наукових і експериментальних досліджень, що увійшли до дисертаційної роботи, отримані і розроблені автором особисто.

Особистий внесок здобувача в працях, написаних у співавторстві: у [1] застосовано спектральні методи для обробки біосигналів; в [2] розроблено алгоритм та структуру тестового комплексу, модифіковано методику Айзенка; у [3] розроблено критерії для моделей і методик оцінки фізичного та психофізіологічного стану кандидатів; в [4] здійснено огляд літератури, розроблено математичну модель формування бази знань; у [6] проведено аналіз функціональної взаємодії людини та зброї в процесі її застосування; в [7] проведено літературний огляд, сформульовано теорему про індивідуальну сумісність людини і зброї, а також систему тверджень для її доведення; обґрунтовано перелік значимих параметрів для індивідуального підбору зброї; у [8] обрано і апробовано тестові методики; в [9] формалізовані алгоритми стрільби та введено поняття АПФС; у [10] обґрунтовано вимоги до стрільця для його ефективної взаємодії зі зброєю; в [11] спроектовано діагностичний комплекс та синтезовано його структурно-функціональну схему.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати роботи доповідались і обговорювались на Міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях: III і IV Міжнародних конференціях «СПРТП-2007» і «СПРТП-2009» (Вінниця, 2007, 2009 рр.); V Міжнародній науково-практичній конференції по високим технологіям і фундаментальним дослідженням «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (Санкт-Петербург, 2008 р.); I Всеукраїнській конференції молодих учених та студентів «Проблеми формування здорового способу життя у молоді» (Одеса, 2008 р.); IV і V Міжнародних науково-практичних конференціях «Психологічні технології в екстремальних видах діяльності» (Донецьк, 2008, 2009 рр.); IX Міжнародній науковій конференції «Контроль і управління в складних системах» (Вінниця, 2008 р.); II і III Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Становлення особистості професіонала: перспективи й розвиток» (Одеса, 2009, 2010 рр.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2010)» (Київ, 2010); I Всеукраїнському з'їзді «Медицина та біологічна інформатика і кібернетика» з міжнародною участю (Київ, 2010); XXXVII, XXXVIII, XXXIX щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету (2008—2010 рр.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 14 наукових праць, в тому числі: 5 статей у наукових фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України; 9 матеріалів та тез доповідей на конференціях, з'їздах і симпозиумах.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, додатки, перелік використаних літературних джерел, який нараховує 132

найменування. Основний зміст роботи викладений на 150 сторінках. Робота містить 42 рисунки та 18 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано її актуальність, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, наведено відомості щодо публікацій та апробації результатів роботи, а також її структури та обсягу.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан проблеми адекватного підбору вогнепальної зброї. Показано, що під час стрільби виникає функціональна біотехнічна система «стрілець — зброя». При цьому має місце безпосередній вплив технічного елемента системи (пістолета) на біологічний (людину) та навпаки. Виділення і аналіз характеристик, або показників, завдяки яким можна оцінити таку взаємодію, дозволили сформулювати підхід до наукового обґрунтування ступеню відповідності того чи іншого типу зброї тій або іншій людині.

Для дослідження було обрано бойову пістолетну та револьверну (короткоствольну) вогнепальну зброю як таку, що найчастіше використовується співробітниками ОВС і офіцерами Збройних сил України.

В роботі сформульована гіпотеза, на якій ґрунтується новий підхід до індивідуального підбору зброї: для кожної людини існує обмежена кількість типів (моделей) адаптованої під неї короткоствольної вогнепальної зброї, індивідуально підібраної, яка відповідає її антропометричним характеристикам, психофізіологічному та емоційному статусу. Дана гіпотеза в результаті виконання роботи знайшла своє підтвердження як за допомогою теоретично обґрунтованих тверджень, так і експериментально встановлених фактів.

Аналіз функціональної взаємодії людини і зброї призвів до необхідності введення нового терміну, який було апробовано на багатьох міжнародних наукових конференціях: антропометрично-психофізіологічна функціональна сумісність (АПФС) — це ергономічно обумовлена, кількісно виражена і психофізіологічно обґрунтована відповідність масогабаритних і тактико-технічних характеристик короткоствольної вогнепальної зброї психоемоційному і функціональному стану людини, що її застосовує.

Дане поняття використовується і як оціночний критерій. Необхідно зазначити, що оцінювати сумісність людини та зброї можна і лише за фізичними (тактико-технічними характеристиками, антропометричними) параметрами, проте для більш повного відображення сутності взаємодії людини і зброї доцільно враховувати і психологічні параметри стрільця.

Діагностично значимими для визначення АПФС в роботі було визначено такі параметри короткоствольної вогнепальної зброї: маса пістолета, довжина пістолета L_1 , довжина від краю рукоятки до кінця ствола L_2 , діагональ пістолета L_3 , відстань між заднім краєм рукоятки і спусковим гачком L_{cr} , висота пістолета H_1 , довжина рукоятки H_2 , довжина обхвату (периметр) рукоятки P (рис. 1).

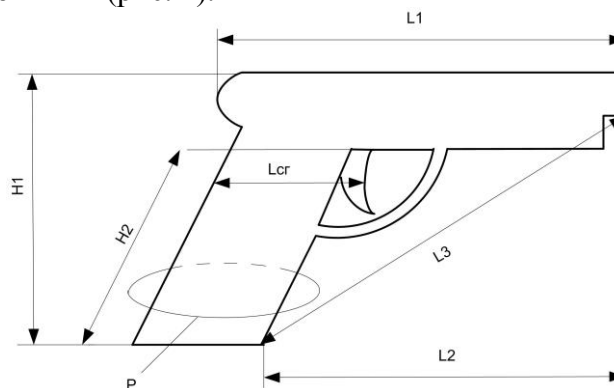


Рис. 1. Діагностично значимі для визначення АПФС параметри зброї

Значимі антропометричні параметри (рис. 2): маса стрільця, висота (зріст) стрільця

Нп, відстань від площини опори до вісі прицілювання Нп, довжина руки зі зброєю L4, відстань між найближчими точками опори стрільця L5; параметри долоні стрільця: довжина кисті Дв, довжини пальців П1—П5, довжини фаланг вказівного пальця П2.1—П2.3, ширина кисті Ш, діагональний розмір кисті Дг.

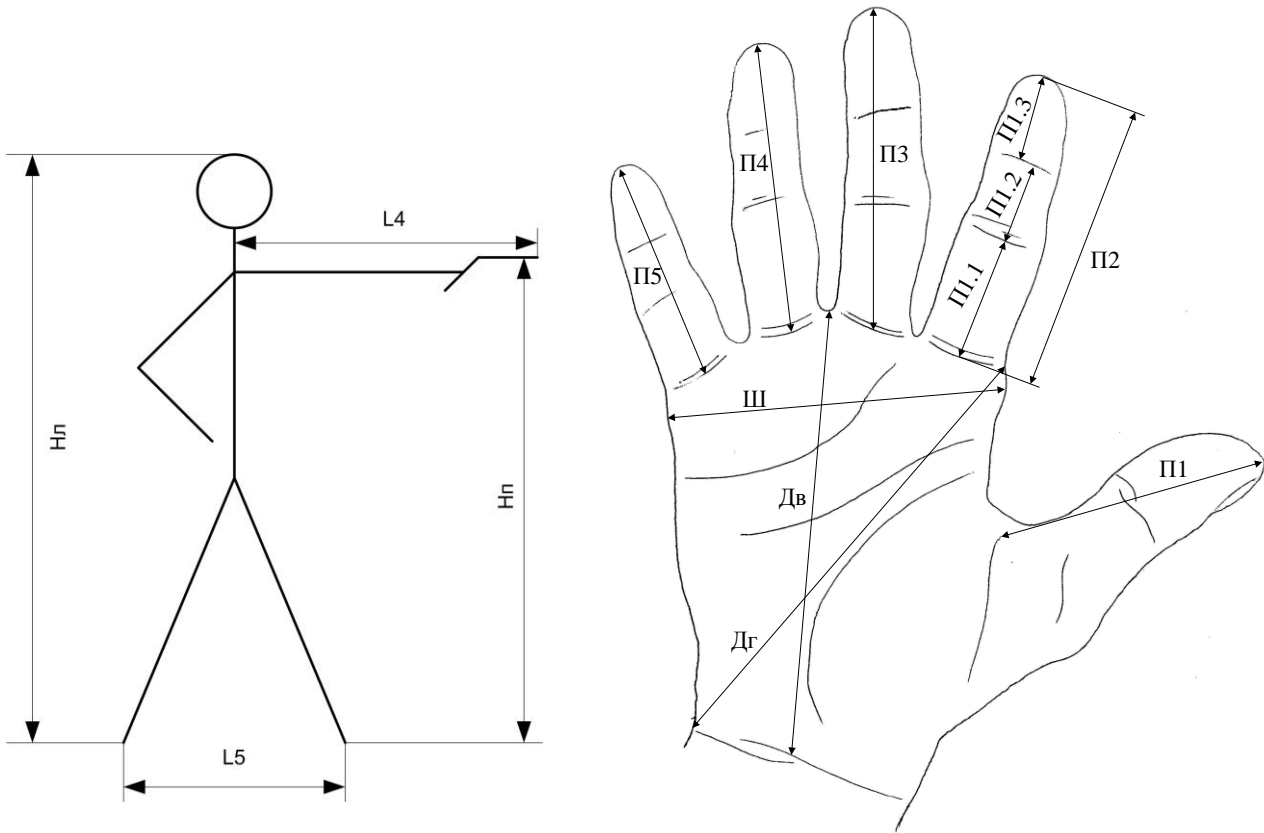


Рис. 2. Діагностично значимі антропометричні параметри

Для визначення АПФС застосовуються такі психологічні та психофізіологічні методики, реалізовані у вигляді програмного комплексу: визначення рівня депресії за методикою ШСНД (шкала самооцінки нервової депресії); оцінювання реактивної і особистісної тривожності за методикою Спілберга і Ханіна; визначення загального психічного стану за методикою САН (самопочуття, активність, настрої); ідентифікація депресивних станів (методика Жмурова). Оцінювання темпераменту людини відбувається за інтегральним показником, який включає визначення: а) сили нервових процесів за методикою критичної частоти злиття світлових миготінь (КЧСМ); б) сили нервових процесів за методикою складної зорово-моторної реакції (СЗМР); в) рухливості нервових процесів за методикою СЗМР; г) типу особистості за опитувальником Г. Айзенка. Така психодіагностика дозволяє не лише визначити індивідуальні особливості взаємодії стрільця зі зброєю, але й виявити людей, яким видавати вогнепальну зброю взагалі не рекомендовано.

Другий розділ присвячений розробленню метода визначення АПФС, загальна структурно-функціональна схема організації якого (рис. 3) включає в себе вимірювання первинних антропометричних та психофізіологічних характеристик (зокрема — професійно важливих якостей (ПВЯ)), їх оцінку, визначення рівня сумісності людини і зброї за допомогою експериментально одержаних баз знань, реалізованих у вигляді таблиць відповідності, а також контроль адекватності підбраного типу зброї конкретному індивіду. Результат формується у вигляді рекомендацій щодо отримання права на носіння, видачі та індивідуального підбору пістолетної зброї. Останній може бути представлений у режимах «Підбір зброї» або «Рекомендації по ТТХ», вибір між якими може здійснювати користувач. Таким чином, відповідно, в першому випадку буде сформовано висновок щодо найбільш сумісної з конкретним стрільцем моделі зброї, вибраної серед наявних (які є в базі даних); або ж, в другому випадку, буде згенеровано перелік масо-габаритних і тактико-технічних

характеристик (МГ і ТТХ) короткоствольної вогнепальної зброї, що відповідатиме найбільш функціонально сумісному з даним стрільцем пістолету без визначення моделі.

В роботі було показано, що моделювання взаємодії стрільця зі зброєю не може бути адекватно виконане за допомогою аналітичних моделей, які враховують всі чинники згаданої взаємодії. Інваріантним до часу, тривалості досліджень, а також до впливу випадкових факторів виявилось лише статистичне моделювання.

Постріл складається з кількох етапів. Антропометричні та психофізіологічні дані безпосередньо впливають на всьому періоді виконання пострілу, хоча і в різній мірі. Тому доцільно замінити розгляд їх впливу на кожний окремий етап розглядом сумарного поетапного впливу на весь процес пострілу. Ключовою характеристикою такого впливу буде виступати якість стрільби, а змінними — антропометричні і психофізіологічні параметри стрільця. Отже, є дві типологічні множини: набір антропометрично-психофізіологічних характеристик стрільців та набір певних, визначених тактико-технічних показників короткоствольної вогнепальної зброї, які і визначають якість стрільби із неї для конкретного стрільця.

Модель для формування баз даних/знань для визначення АПФС можна в загальному вигляді записати так

$$x_j \in X \xrightarrow{K_{kl} \geq 0,6} y_j \in Y \rightarrow t_q \in T, \quad (1)$$

де X — множина усіх вимірних антропометрично-психофізіологічних характеристик; K_{kl} — коефіцієнт кореляції між k -тим і l -тим параметром; Y — множина антропометрично-психофізіологічних характеристик, із яких уже вилучені залежні характеристики; t_q — конкретний тип антропометрично-психофізіологічних характеристик; T — множина типів антропометрично-психофізіологічних характеристик.

За допомогою наведеної моделі виявляються кореляційні зв'язки між антропометричними параметрами людини та ТТХ зброї. При цьому пари (групи) взаємозалежних характеристик замінюються одним вторинним параметром, що дозволяє сформувати базу знань щодо відповідності характеристик та скоротити розмірність бази знань у порівнянні з первинною базою даних, а також виконується типізація антропометрично-психофізіологічних характеристик.

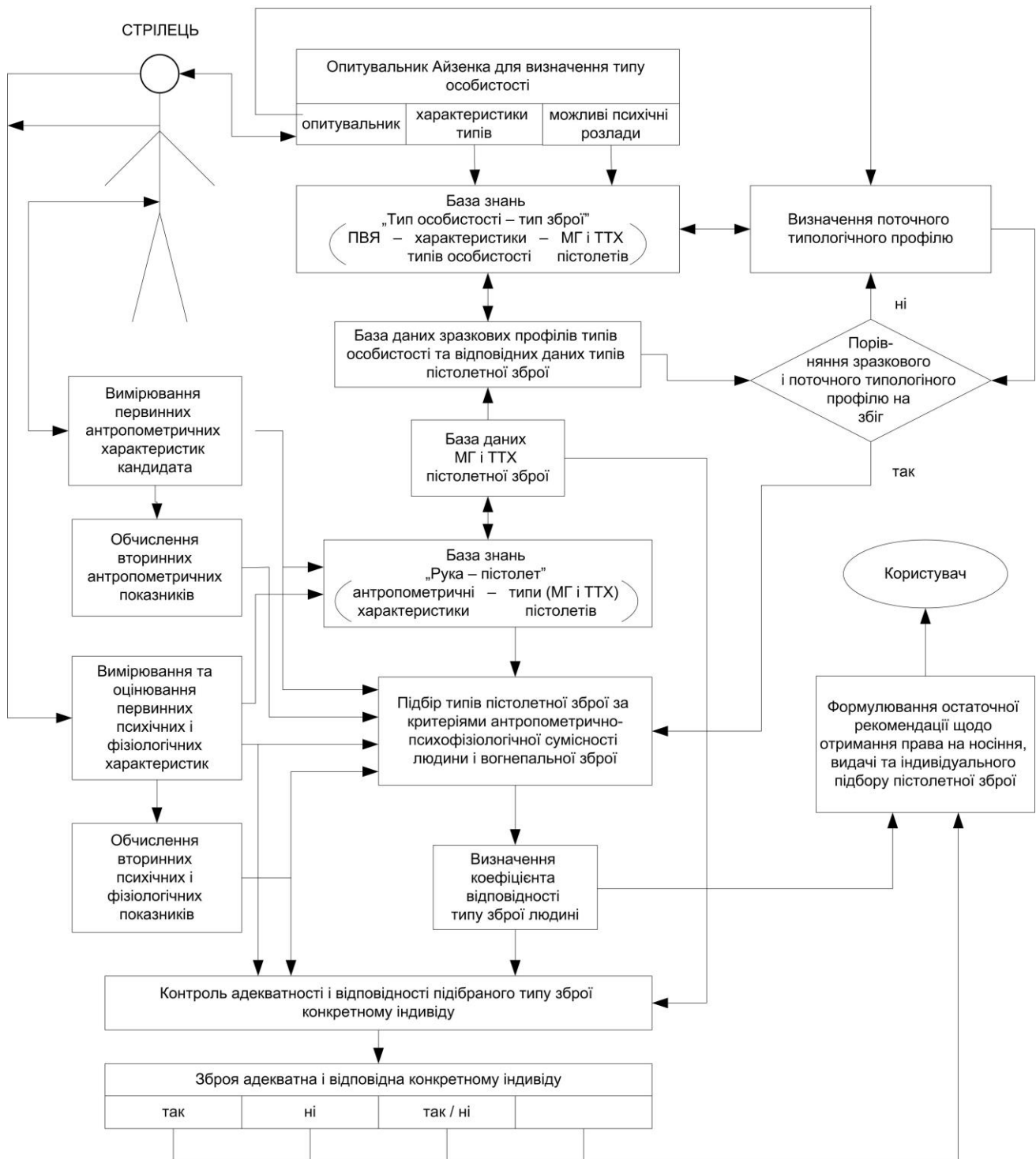


Рис. 3. Структурно-функціональна організація методу визначення АПФС

У третьому розділі розроблена діагностична система для визначення антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності людини і короткоствольної вогнепальної зброї. При чому на етапі контролю адекватності підбору зброї використовуються розроблені на основі численних експериментальних даних критерії оцінювання ефективності роботи методу для визначення АПФС (табл. 1).

Таблиця 1

Визначені експериментальним шляхом значення критеріїв оцінювання ефективності роботи системи для пістолету Макарова (ПМ)

№ п/п	Критерій	Відповідність	
		кількісна	якісна
1	Стійкість утримання пістолета (СУП),	15-21	відповідає

	с/кг	<15 і >21	не відповідає
2	Рівень професійного тремору (РТ), с	2,8-3,1	відповідає
		<2,8 і >3,1	не відповідає
3	Коефіцієнт комфортності застосування (КК)	12-16	відповідає
		<12 і >16	не відповідає
4	Коефіцієнт якості стрільби (КЯ), с	0,25-0,35	відповідає
		<0,25 і >0,35	не відповідає
5	Коефіцієнт самоконтролю якості стрільби (КСК)	0,55-0,7	відповідає
		<0,55 і >0,7	не відповідає

Критерії оцінювання ефективності роботи методу:

1. Стійкість утримання пістолета (СУП), що визначається за формулою

$$СУП = \frac{t}{M} \text{ (с/кг)}, \quad (2)$$

де t — час утримання пістолета, направлено дулом в область «десятки», тобто час, на протязі якого промінь від лазерного випромінювача, встановленого на пістолеті не покидає межі області «10» світлодіодної мішені (в секундах); M — маса пістолета (в кілограмах).

2. Рівень тремору (РТ), що оцінюється за формулою

$$РТ = \sum_{i=1}^3 \frac{n}{N} \cdot t_i, \quad (3)$$

де n — кількість засвічених світлодіодів в межах «десятки» мішені; N — загальна кількість світлодіодів в межах «десятки» мішені; t_i — час утримання пістолета: 5 с, 10 с, 15 с.

3. Коефіцієнт комфортності застосування пістолета (КК)

$$КК = (C_{Г} + C_{Р} + C_{П}) \cdot m / M, \quad (4)$$

де $C_{Г}$ — сила натискання на спусковий гачок, $C_{Р}$ — сумарна сила обхвату рукоятки, $C_{П}$ — сила підняття пістолета, M — маса пістолета (все в кілограмах), $m=1 \div 5$ — суб'єктивна оцінка стрільця щодо даного типу пістолета.

4. Коефіцієнт якості стрільби (КЯ)

$$КЯ = \frac{a-b}{a} \cdot \frac{1}{t_C} \text{ (с}^{-1}\text{)}, \quad (5)$$

де a — загальна кількість пострілів, b — кількість пострілів за межі «десятки», t_C — час стрільби.

5. Коефіцієнт самоконтролю якості стрільби в режимі невидимого променя ($K_{СК}$)

$$K_{СК} = 1 - \left| \frac{P-r}{P} \right|, \quad (6)$$

де $P=a-b$ — кількість пострілів в «десятку», r — кількість позитивно оцінених стрільцем пострілів (коли він вважає, що поцілив у «десятку»).

Якщо результати вимірювань будуть відповідати всім п'яти критеріям, це буде свідчити, про оптимальний підбір зброї. У випадку, коли відповідність буде досягнута за 3—4 критеріями, вибір буде визнаний задовільним.

Реалізація методу визначення АПФС та визначення оціночних критеріїв відбувається за допомогою спроектованої і розробленої діагностичної біотехнічної системи для визначення АПФС людини і короткоствольної вогнепальної зброї. Функціонально структурна схема цієї системи (рис. 4) представляє собою поєднання чотирьох завершених структур: пістолета, мішені, обчислювального блоку і стрільця. Найбільш насиченою функціонально і конструктивно модифікованим є пістолет, допрацьований в частині

розміщення в ньому тензодатчиків, лазерних випромінювачів, датчика ШГР, імітатора віддачі та блоку живлення.

При натисканні на спусковий гачок одночасно спрацьовують: вимикач, через який подається живлення на лазерний випромінювач, імітатор віддачі, тензодатчик спускового гачка, який визначає рівень зусилля вказівного пальця стрільця при натисканні на гачок.

Лазерні випромінювачі працюють у видимому і невидимому діапазонах (відповідно, довжина хвиль 650 і 870 ± 20 нм) і виконані конструктивно у вигляді зовнішніх насадок на ствол пістолета або вбудовані безпосередньо в ствол. Імітатор віддачі конструктивно розміщений на стволовій частині пістолета і забезпечує повну імітацію пострілу із бойового пістолета.

Для визначення сили стискання рукоятки пістолета, формування векторів розподілу сил, що діють на руків'я від кожного пальця, в торцеву частину рукоятки вмонтовано три тензометричних давачі, а ще один датчик розміщений на боковій поверхні рукоятки. На зворотній боковій стороні руків'я пістолета розміщено датчики шкірно-гальванічної реакції, сигнал з яких через відповідний блок реєстрації поступає в блок мікроконтролера, куди також надходять сигнали із тензодавачів і датчика зусилля підняття пістолета через відповідний роз'єм. До роз'єму підключається кабель стрільця, через який дані подаються до блоку мікроконтролера для наступної обробки.

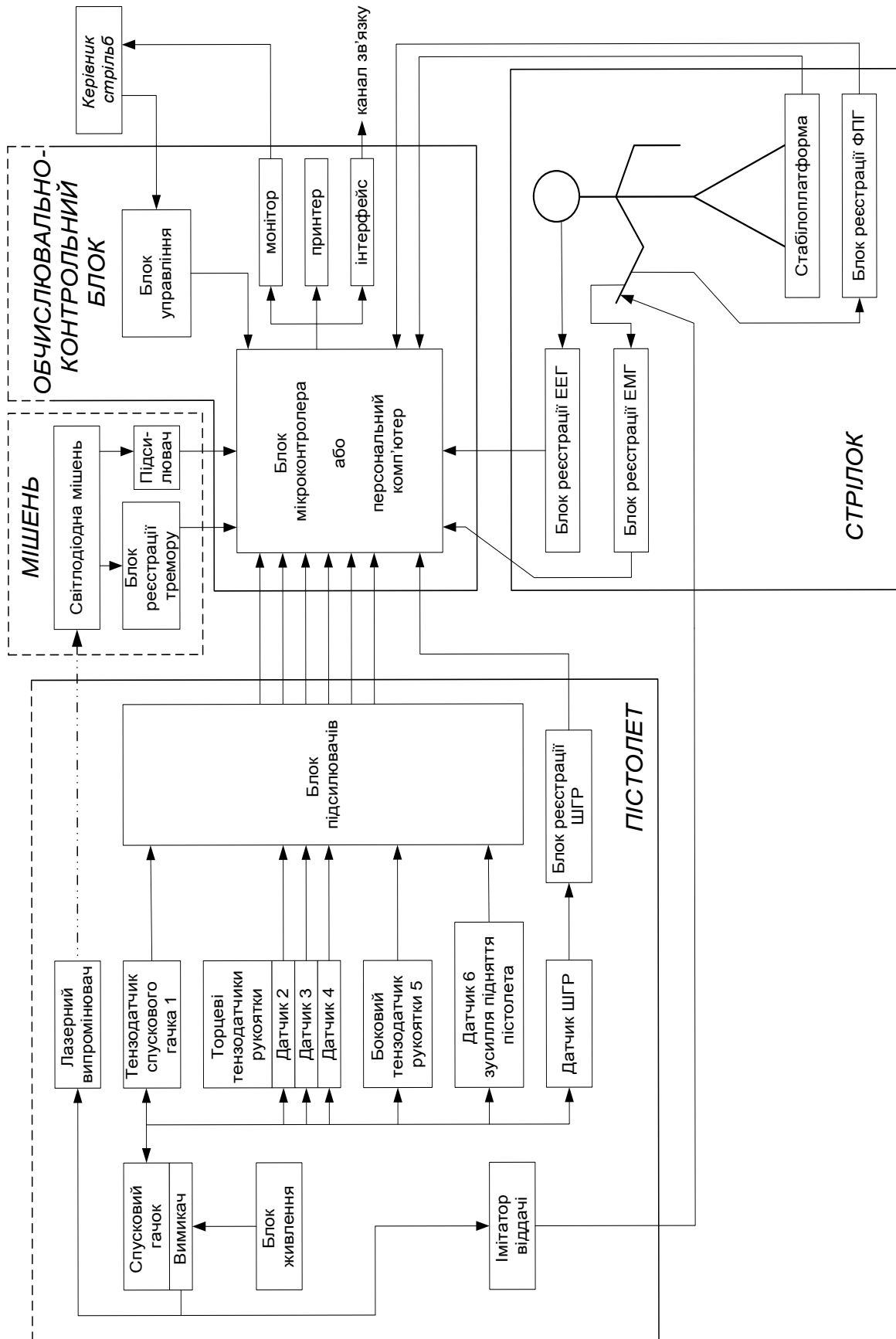


Рис. 4. Структурна схема діагностичної системи для визначення АПФС

Для реалізації психофізіологічної складової методу визначення АПФС був розроблений тестовий програмний комплекс для визначення типу особистості за Айзенком, структурна схема якого наведена на рис. 5. В цьому комплексі, на відміну від існуючих, реалізовані додаткові можливості по рандомізації тестових запитань, визначенню рухливості та сили нервових процесів за СЗМР і сили нервових процесів за функціональною рухомістю зорового аналізатора (КЧСМ), що забезпечує повноту визначення типу особистості і підвищує загальну надійність і достовірність тестування. Тим самим запропоновано новий підхід до проектування структури комплексів для дослідження нервової системи кандидата. Структура та алгоритм роботи комплексу дозволяє додавати до нього інші психологічні методики.

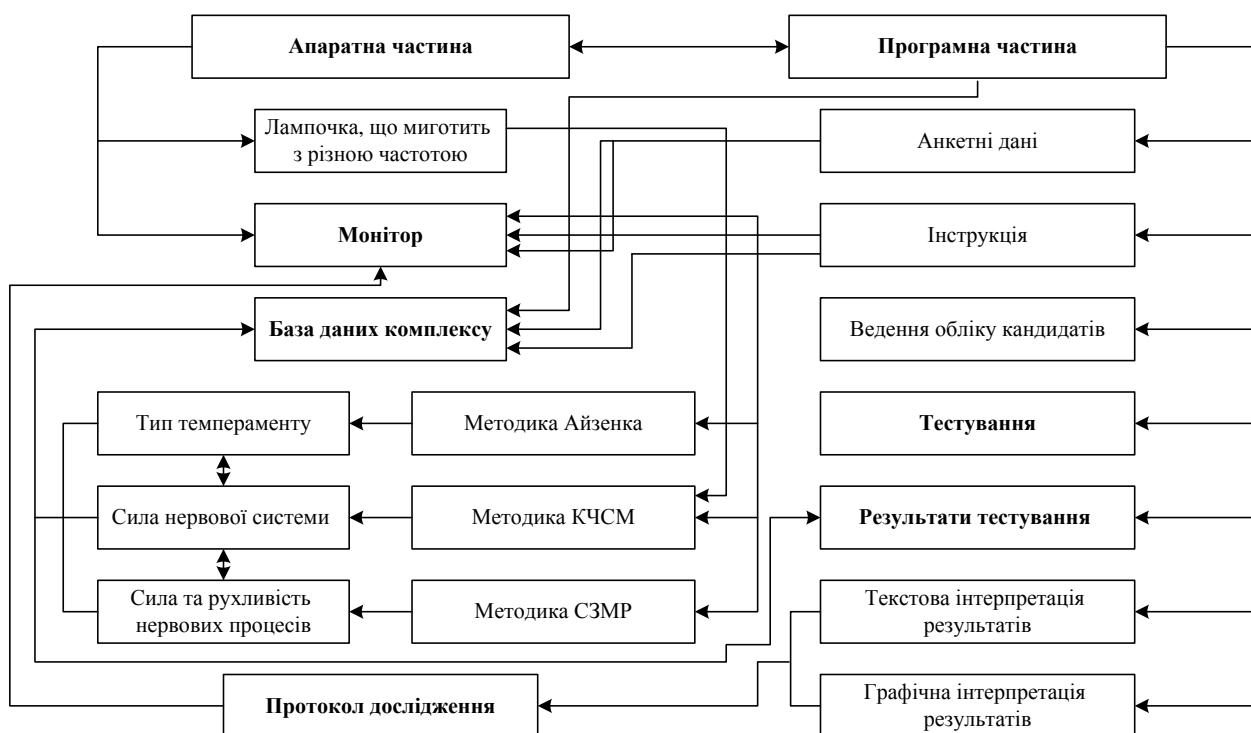


Рис. 5. Структурна схема тестового комплексу

Для перевірки адекватності результатів роботи комплексу застосовувався метод кореляційного аналізу, оскільки саме він дозволяє з'ясувати, як змінюється один показник відносно іншого. Для ідентифікації результатів вводяться критерії відповідності:

- для рухливих типів

$$K = \left[\left(\frac{T_1 + T_2}{2} + T_3 \right) / 2 \right] \cdot 100\% ; \quad (7)$$

- для інертних типів

$$K = \left[\left(\frac{T_1 + T_2}{2} + (1 - T_3) \right) / 2 \right] \cdot 100\% ; \quad (8)$$

де T_1 — сила нервових процесів за КЧСМ; T_2 — сила нервових процесів за СЗМР; T_3 — рухливість нервових процесів за СЗМР.

Введений критерій відповідності допомагає встановити міру належності кандидата до того чи іншого типу темпераменту. Для досліджень обираються жорсткі рамки на величину критерію відповідності (0,8...1), що свідчить про найоптимальніший зв'язок між показниками функціонального стану.

У четвертому розділі проведено експериментальні дослідження розроблених в роботі

систем та моделей.

Запропонований програмний комплекс об'єднаних тестів було оцінено за критеріями верифікації та прикладної цінності високо, за критерієм евристичної цінності та внутрішньої узгодженості — добре, за критерієм широти охоплення — оцінкою, яка відповідає критерію всебічності, за наявності обмеження за предметом дослідження — визначенню типу особистості. В роботі також отримані графічні інтерпретації результатів тестування за методиками Айзенка, КЧСМ, оцінки часу реагування на подразники і працездатності кори головного мозку кандидата.

Відповідно до методу визначення АПФС та на основі діагностичної системи для визначення АПФС в роботі розроблена та апробована методика роботи з тестовим програмним комплексом, діагностичною системою та загальна методика визначення АПФС. Загальна спрощена схема моделі підбору зброї за допомогою діагностичної системи для визначення АПФС наведена на рис. 6.

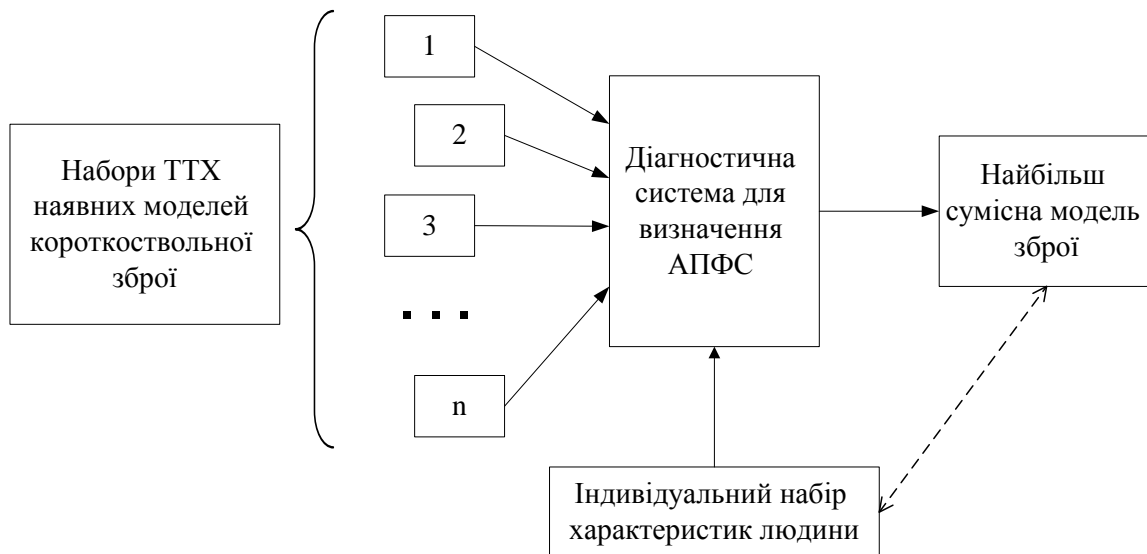


Рис. 6. Схема підбору зброї за допомогою діагностичної системи

Ефективність вибору певної моделі короткоствольної вогнепальної зброї визначалася у два етапи. Перший етап полягав у тому, що результати автоматизованого підбору зброї на основі визначення її індивідуальної сумісності з конкретним стрільцем порівнювалися з думкою експертів щодо відповідності цього типу зброї даному стрільцеві. При цьому експертами виступали кадрові офіцери ОВС, бійці спецпідрозділів та високваліфіковані спортсмени-стрільці. Поріг компетентності експертів був прийнятий на рівні 0,8; професійний стаж — не менше 5 років. Моделі зброї, що використовувались в експерименті: ПМ, АПС, ПСМ, ТТ, Форт-14. Досить великий відсоток збігів (80 %) при визначенні АПФС групою експертів та автоматизованою діагностичною системою доводить адекватність останньої.

Другий етап — це експериментальне визначення найбільш адекватного типу зброї для конкретного стрільця за результатами тренувальних стрільб. Найбільш оптимальний тип зброї, визначений за таким методом, порівнювався з результатами автоматизованого відбору за допомогою розробленої діагностичної системи. Результати однієї серії досліджень представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз результатів стрільб з висновками діагностичної системи та експертними оцінками

Ст	р	л	ь	Су	міс	ніс	ть	за	ви	міс	ніс	ть	за	ви	Су	міс	ніс	ть	за	рез	Збіги результатів стрільб (1 – так, 0 – ні)
----	---	---	---	----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	----	----	----	----	-----	-----	----	----	-----	--

				з системою	з експертами
1	АПС	АПС	АПС	1	1
2	ПМ	ПМ	ПМ	1	1
3	ПМ	ПМ	ПМ	1	1
4	АПС	Форт-14	ПСМ	0	0
5	ПСМ	ПСМ	ПСМ	1	1
6	ПМ	ПМ	ПМ	1	1
7	ТТ	ПМ	АПС	0	0
8	Форт-14	Форт-14	ПМ	0	0
9	ПМ	ПСМ	ПМ	1	0
10	Форт-14	Форт-14	Форт-14	1	1
11	АПС	АПС	АПС	1	1
12	ПМ	ПМ	ПМ	1	1
13	АПС	АПС	АПС	1	1
14	ПСМ	ПМ	ПМ	0	1
15	Форт-14	Форт-14	ПМ	0	0
16	ПМ	ПМ	ПМ	1	1
17	АПС	АПС	АПС	1	1
18	ПСМ	ПСМ	ПСМ	1	1
19	ПСМ	ПСМ	ПСМ	1	1
20	ПМ	ПМ	ПМ	1	1
Загальна збіжність:				15 (75 %)	15 (75 %)

Достатньо великий відсоток (75 %) збіжності результатів тренувальних стрільб з висновками розробленої діагностичної системи доводить ефективність останньої, особливо зважаючи на те, що аналогів систем автоматизованого визначення АПФС на даний час не існує.

Такий саме рівень збігів (75 %) результатів стрільб з експертними рекомендаціями, як і розробленого методу визначення АПФС, вказує на високу достовірність визначення АПФС і принципову взаємозамінність експертних рекомендацій та розробленої діагностичної системи при визначенні АПФС людини і короткоствольної вогнепальної зброї.

Інтегральним показником k_i ефективності методу є добуток коефіцієнтів діагностичної k_d , економічної k_e та соціальної k_c ефективності

$$k_i = k_d \times k_e \times k_c. \quad (9)$$

За результатами проведених досліджень для діагностичної системи для визначення АПФС $k_i \approx 0,65$. Проте при ширшому впровадженні системи цей показник збільшуватиметься за рахунок підвищення коефіцієнта економічної ефективності.

Як вже зазначалось раніше, діагностична біотехнічна система для визначення антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності людини і короткоствольної вогнепальної зброї є першим апаратно-програмним засобом, який не має на сьогоднішній день аналогів.

Вона дозволяє з високим ступенем достовірності отримати дані, які без використання системи можливо отримати лише з досвідом, після довготривалих тренувань з різними типами короткоствольної зброї. Діагностична система не вимагає використання різних типів зброї, а користується базою даних параметрів наявних моделей зброї для вибору максимально сумісної з конкретним стрільцем. Можливе також представлення результатів у вигляді кількісних рекомендацій щодо оптимальних тактико-технічних та масо-габаритних характеристик короткоствольної зброї без визначення типу зброї, що дозволяє підібрати

найбільш оптимальну марку пістолета навіть якщо дані про неї відсутні в базі даних діагностичної системи.

Отже, запропонована діагностична біотехнічна система посідає окреме місце серед систем «людина — військова техніка», її дія спрямована не тільки на тренування стрілецьких вмінь та навичок, а в першу чергу на виявлення об'єктивних передумов для максимально ефективного застосування зброї бійцем відповідно до бойової або тренувальної обстановки та його індивідуальних характеристик.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз існуючих методів і засобів для оцінки сумісності людини і зброї показав їх практично повну відсутність і підтвердив, що спроби використання сучасних стрілкових тренажерів для вирішення цього завдання також не дають бажаного результату, що і обумовило необхідність розробки спеціалізованої діагностичної біотехнічної системи.

2. Вперше сформульовано і, за допомогою системи тверджень, доведено теорему (гіпотезу), згідно якої для кожної людини існує обмежена кількість типів (моделей) адаптованої під неї, індивідуально підбраної, короткоствольної вогнепальної зброї, яка відповідає її антропометричним характеристикам, психофізіологічному та емоційному статусу, що дозволило ввести новий оціночний критерій — антропометрично-психофізіологічну функціональну сумісність людини і короткоствольної зброї, яка представляє собою ергономічно обумовлену, кількісно виражену і психофізіологічно обґрунтовану відповідність масо-габаритних і тактико-технічних характеристик короткоствольної вогнепальної зброї психоемоційному та функціональному статусу людини, що її застосовує.

3. Вперше розроблено метод визначення антропометрично-психофізіологічної сумісності людини і зброї, побудований на тому, що об'єктивною необхідною умовою ефективної стрільби є взаємоузгодженість індивідуального комплексу антропометричних і психофізіологічних характеристик людини з конкретним типом короткоствольної зброї, адекватно підібраним під певний тип особистості людини, що забезпечує ефективно і максимально безпечно застосування зброї.

4. Побудована модель визначення АПФС людини і зброї, в якій враховується сукупність антропометричних та психофізіологічних показників людини-стрільця, і їх вплив на вибір оптимального типу (моделі) зброї для цієї людини.

5. Запропоновано на основі методу визначення АПФС систему оціночних критеріїв: коефіцієнт стійкості утримання пістолета, рівень професійного тремору, коефіцієнт комфортності застосування пістолета, коефіцієнт якості стрільби і коефіцієнт самоконтролю якості стрільби, яка дозволяє оцінити кількісно та якісно результати вибору типу зброї для конкретної людини.

6. Розроблено діагностичну систему для визначення АПФС у вигляді сукупності функціонально взаємопов'язаних самостійних структур: пістолета, мішені, обчислювального комплексу і стрільця, які разом з програмним забезпеченням вирішують задачу визначення АПФС.

7. Розроблено тестовий програмний комплекс для визначення типу особистості за Айзенком, який, на відміну від існуючих, додатково визначає рухливість нервових процесів за СЗМР і їх силу за функціональною рухливістю зорового аналізатора, що забезпечує повноту визначення типу особистості і підвищує загальну надійність і достовірність тестувань.

8. Запропоновано, на базі серійного пістолета, його модифіковану конструкцію, що додатково містить: в стволі — імітатор пострілу і лазерний випромінювач; в рукоятці — систему тензодатчиків зусилля і датчиків ШГР, блок живлення і блок підсилювачів, що дозволяє імітувати бойовий постріл з високим ступенем подібності для задач визначення АПФС.

СПИСОК ОСНОВНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ

ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Застосування спектральних методів для фільтрації артефактів фізіологічних сигналів / С. М. Злепко, Д. Х. Штофель, В. Х. Касіяненко, А. П. Моторний // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2007. — № 2. — С. 132—136.
2. Тестовий психологічний комплекс для визначення типу особистості за опитувальником Айзенка / С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, Д. Х. Штофель, В. В. Мельников // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2008. — № 2. — С. 152—156.
3. Обґрунтування вимог та критеріїв до кандидатів на контрактну службу в Збройні сили України / С. М. Злепко, В. В. Петренко, Д. Х. Штофель, А. П. Моторний // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2008. — № 6. — С. 47—50.
4. Злепко С. М. Математична модель сумісності людини і короткоствольної вогнепальної зброї / С. М. Злепко, Д. Х. Штофель, А. А. Шиян // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2009. — № 2. — С. 239—244.
5. Штофель Д. Х. Метод визначення антропометрично-психофізіологічної сумісності людини та короткоствольної зброї / Д. Х. Штофель // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 4/8 (46). — С. 60—64.
6. Штофель Д. Х. Функціональна взаємодія людини і вогнепальної зброї [Електронний ресурс] / Д. Х. Штофель, М. Ю. Заярний // Матеріали XXXVII науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету. — Вінниця, 2008. — Режим доступу : www.vstu.vinnica.ua/ua/archive/conf/6/shtofel.doc. — Назва з титул. екрану.
7. Злепко С. К вопросу об оценке совместимости человека и огнестрельного оружия / С. М. Злепко, Д. Х. Штофель, В. В. Петренко // Психологические технологии в экстремальных видах деятельности : материалы IV Международной научно-практической конференции, г. Донецк, 22—24 мая 2008 года. — Донецк, 2008. — С. 275—278.
8. Злепко С. Вибір психологічних тестів для оцінювання емоційної стійкості людини / Сергій Злепко, Дмитро Штофель // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2009) : матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 8—10 жовтня 2009 року. — Частина 2. — Вінниця, 2009. — С. 44.
9. Штофель Д. Х. Антропометрично-психофізіологічна функціональна сумісність людини і короткоствольної зброї / Д. Х. Штофель, С. В. Костішин, В. О. Гомолінський // Становлення особистості професіонала: перспективи й розвиток : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції ; м. Одеса, 19 лютого 2010 року. — Одеса : ОДУВС, 2010. — С. 418—421.
10. Особливості функціональної взаємодії людини та пістолетної зброї в умовах ближнього бою / С. М. Злепко, Д. Х. Штофель, А. А. Шиян, В. О. Гомолінський // Перший Всеукраїнський з'їзд «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» з міжнародною участю. — Київ, 2010. — С. 275.
11. Діагностичний комплекс для визначення антропометрично-психофізіологічної сумісності людини і пістолетної зброї / С. М. Злепко, Д. Х. Штофель, С. В. Костішин, Л. Г. Коваль // Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2010) : матеріали III міжнародної науково-практичної конференції 24—26 травня 2010 року, Київ, Україна. — К. : НАУ, 2010. — С. 336—338.

АНОТАЦІЯ

Штофель Д. Х. Біотехнічна система для оцінювання сумісності людини та вогнепальної зброї за антропометрично-психофізіологічними показниками. — Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 — біологічні та медичні прилади і системи. — Вінницький національний технічний університет, Вінниця — 2010.

В роботі розроблені теоретичні положення та приведений принцип реалізації процесу оцінювання функціональної сумісності людини та короткоствольної вогнепальної зброї, що ґрунтується на закономірностях взаємодії стрільця зі зброєю. При цьому для повноти відображення такої взаємодії враховуються як антропометричні, так і психофізіологічні особливості конкретної людини.

Розроблений метод, біотехнічна система та методика визначення антропометрично-психофізіологічної сумісності людини і короткоствольної вогнепальної зброї. При чому ефективність методу складає 75 %.

Запропонований метод передбачає три рівні відповідності — психофізіологічний, антропометричний і психічний. Кожен характеризується відповідними первинними і вторинними характеристиками та показниками. Особливістю даного методу є рівень об'єктивного контролю прийнятого рішення, що суттєво підвищує його загальну надійність і адекватність.

Ключові слова: біотехнічна система, сумісність людини і зброї, антропометричні показники, психофізіологічні характеристики.

АННОТАЦИЯ

Штофель Д. Х. Биотехническая система для оценивания совместимости человека и огнестрельного оружия по антропометрическо-психофизиологическим показателям. — Рукопись.

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.

В работе разработаны теоретические положения и приведен принцип реализации процесса оценивания функциональной совместимости человека и короткоствольного огнестрельного оружия, которые основываются на закономерностях взаимодействия стрелка и оружия. При этом для полноты отображения такого взаимодействия учитываются как антропометрические, так и психофизиологические особенности конкретного человека.

Впервые сформулирована, и, с помощью системы экспериментальных фактов подтверждена гипотеза, соответственно которой для каждого человека существует ограниченное количество типов адаптированного под него, индивидуально подобранного, короткоствольного огнестрельного оружия, которое соответствует его антропометрическим характеристикам, психофизиологическому и эмоциональному статусу. Это позволило ввести новый оценочный критерий — антропометрическо-психофизиологическую функциональную совместимость (АПФС) человека и огнестрельного оружия, которая представляет собой эргономично-обусловленное, количественно определенное и психофизиологически обоснованное соответствие массо-габаритных и тактико-технических характеристик короткоствольного оружия функциональному состоянию человека, который его применяет.

Построена модель определения АПФС. На ее основе разработан метод, биотехническая система и методика определения антропометрическо-психофизиологической совместимости человека и короткоствольного огнестрельного оружия. На основе метода определения АПФС предложена система оценочных критериев: коэффициент стойкости удержания пистолета, уровень профессионального тремора, коэффициент комфортности применения пистолета, коэффициент качества стрельбы и коэффициент самоконтроля качества стрельбы, которые позволяет оценить количественно и качественно результаты выбора типа оружия для конкретного человека. При этом эффективность метода определения АПФС составляет 75 %, что соотносится с эффективностью экспертных оценок.

Предложенный метод предусматривает три уровня соответствия — психофизиологический, антропометрический и психологический, каждый из которых характеризуется соответствующими первичными и вторичными характеристиками и показателями. Особенностью данного метода является уровень объективного контроля принятого решения, что существенно повышает его общую надежность и адекватность.

Ключевые слова: биотехническая система, совместимость человека и оружия, антропометрические показатели, психофизиологические характеристики.

SUMMARY

Shtofel D. Kh. Biotechnical system for estimation of human and fire-arm compatibility with anthropometrical-psycho-physiological indexes. — A manuscript.

The dissertation on competition for scientific degree of Cand. Tech. Sci. on specialty 05.11.17 — biological and medical devices and systems. — Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia — 2010.

In this paper there are developed the theoretical positions and the practical appliance principles of functional human and fire-arms compatibility estimation are given, based on the interaction laws of shooter and gun. Thus for completeness of such interaction representation an anthropometric and psycho-physiological features of the person are taken into account.

The method, biotechnical system and method of determining the anthropometric-psycho-physiological compatibility of man and fire-arms are developed. Moreover the efficiency of the method is 75 %.

The offered method involves three levels of compliance — physiological, psychological and anthropometric, each characterized by the corresponding primary and secondary characteristics and indexes. The feature of this method is the objective decision control level that increases its general reliability and adequacy.

Key words: biotechnical system, compatibility of human and fire-arms, anthropometrical indexes, psycho-physiological characteristics.

Підписано до друку 09.12.10 р.

Формат 21×29.7 1/4. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний.

Наклад 100 прим. Зам. № 2010-195

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті

в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-81-59

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.