

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Вінницький національний технічний університет

КОСТІШИН СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 355/359:796.015:621.383

**БІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ НАВЧАННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ НАВИЧОК  
ЗАСТОСУВАННЯ ВОГНЕПАЛЬНОЇ ЗБРОЇ**

Спеціальність 05.11.17 — біологічні та медичні прилади і системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Вінниця — 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

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

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор  
**Бих Анатолій Іванович,**  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
завідувач кафедри біомедичних електронних пристроїв та  
систем;

доктор технічних наук, професор  
**Кузовик В'ячеслав Данилович,**  
Київський національний авіаційний університет,  
завідувач кафедри біокібернетики та аерокосмічної  
медицини.

Захист відбудеться „12” квітня 2013 р. о 9<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 05.052.02 у Вінницькому національному технічному університеті за адресою: 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95, ГНК, ауд. 210.

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

Автореферат розісланий „7” березня 2013 р.

Учений секретар спеціалізованої  
вченої ради

В. Ю. Кучерук

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### **Актуальність теми**

Суспільство здавна переймалося проблемами професіоналізму тих, кому воно довірило захищати свій спокій і добробут. На сьогоднішній день існує цілий ряд проблем, пов'язаних з організацією тренувальних заходів по вогневій підготовці в частині недосконалості апаратно-програмних засобів і технічних систем в структурах, чия робота пов'язана з екстремальними видами діяльності (ОВС, ЗС, охоронні організації), невирішення яких приводить до зниження рівня якості бойової готовності працівників зазначених служб, і, як наслідок, зниження ефективності їх діяльності.

Крім того, однією з основних причин неналежного володіння табельною вогнепальною зброєю є не лише технічна, а й психологічна невідповідність працівників силових структур. Одним із основних недоліків будь-якого тренування є усвідомлення стрільком штучності модельованої ситуації. Можливості сучасних технічних систем у поєднанні з сюжетними програмами, відео і звуковим спецефектами дозволяють забезпечити ефект максимального «поринання» в екстремальну ситуацію.

З іншого боку, особливо на початкових етапах, основною задачею тренувальної технічної системи є прищеплення стрільку необхідних функціональних і психофізіологічних навичок у володінні вогнепальною зброєю – утримання, прицілювання, усвідомлення віддачі і т.д. Тому аспект діагностики тренувального процесу і виявлення помилок відіграє важливе значення для успішного подальшого використання реальної вогнепальної зброї.

Така ситуація вимагає пошуку нових, більш ефективних методів організації та проведення тренування і навчання, а також розроблення нових апаратно-програмних біотехнічних систем – тренажерів, використання яких відкриває нові можливості для організації вогневої підготовки як початківців, так і стрільків високої кваліфікації і забезпечує технічну підтримку розроблених методів.

Для забезпечення ефективного тренувального процесу, при проектуванні такої системи необхідно орієнтуватися на вирішення наступних завдань: забезпечення високої реалістичності та безпеки тренування; зниження вартості; організацію контролю за фізіологічними показниками стрільки і за динамікою його тренувального прогресу. Цього можна досягти, використовуючи функціональні можливості інтерактивних лазерних тирів у поєднанні з засобами забезпечення реалізму і діагностики функціонального стану стрільків та програмними засобами оброблення отриманих даних.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Робота виконувалася відповідно до планів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Вінницького національного технічного університету в рамках держбюджетних НДР:

- 30-Д-289 «Створення автоматизованих діагностичних систем для оцінювання функціонального стану людини» (номер держреєстрації 0105U002421);
- 30-Д-313 «Створення інформаційних технологій для оцінювання стану і визначення індексу здоров'я людини» (номер держреєстрації 0108U00656);
- 30-Д-324 «Створення інформаційної технології психофізіологічного відбору кандидатів на службу за контрактом в Збройні Сили України» (№ держреєстрації 0110U002168).

Участь автора у зазначених науково-дослідних роботах, безпосереднім виконавцем яких він був, полягає у розробленні біотехнічної системи для навчання і тренування навичкам застосування вогнепальної зброї і інформаційної технології, методу і моделей тренування і відбору кандидатів.

### **Мета і задачі дослідження**

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності стрількового тренувального процесу шляхом розроблення методу імітації пострілу та біотехнічної системи з оцінюванням параметрів біологічної складової в процесі виконання пострілу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих методів, моделей і засобів для набуття навичок застосування вогнепальної зброї, метою якого буде оцінювання загального стану існуючої проблеми і визначення завдань дисертаційного дослідження;

- розробити структурну модель процесу прицілювання при стрільбі із короткоствольної зброї для формування множини висновків про його якість і побудови методу імітації пострілу;
- розробити метод імітації пострілу із табельної зброї, як основи для створення відповідної біотехнічної системи;
- розробити математичну модель ефекту віддачі короткоствольної зброї при виконанні пострілу, яка дозволить прогнозувати з урахуванням антропометричних особливостей стрілка траєкторію віддачі, що забезпечить більшу реалістичність процесу тренування;
- розробити інформаційно-структурну модель особистості стрілка-професіонала як складової ланки «людина – технічна система»;
- запропонувати структурно-функціональну організацію біотехнічної системи для навчання та оцінювання навичок застосування вогнепальної зброї;
- розробити конструкцію універсального лазерного набору, який дозволить виконати імітацію польоту кулі;
- створити і впровадити біотехнічну систему, застосування якої підвищить інформативність тренувального процесу та ефективність підготовки стрілків;
- провести експериментальні дослідження методу і біотехнічної системи з метою визначення їх ефективності і доцільності застосування.

**Об'єкт дослідження** – процес імітації виконання пострілу з вогнепальної зброї для його використання при тренуванні стрілка.

**Предмет дослідження** – біотехнічна система для навчання та оцінювання навичок застосування вогнепальної зброї стрілками.

#### **Методи дослідження**

В дисертаційній роботі для отримання основних результатів було застосовано наступні теоретичні та практичні методи: положення системного аналізу – при аналізі літературних джерел та різносторонньому вивченні задач дослідження; інформаційне та імітаційне моделювання – при створенні моделей процесу прицілювання та ефекту віддачі; методи комп'ютерної обробки інформації – для автоматизованого оброблення параметрів процесу стрільби; функціональну та психофізіологічну діагностику – для розроблення методу визначення параметрів функціонального стану стрілка; методи теорії біотехнічних систем – для розроблення біотехнічної системи та окремих її складових; методи синтезу – при формуванні інтегральних висновків про результати стрільб; теорію інформаційних систем – при розробленні інформаційного забезпечення біотехнічної системи; методи математичної статистики – для опрацювання результатів стрільб, а також при дослідженні ефективності роботи розробленої системи; експертні методи – при оцінюванні адекватності біотехнічної системи і ефективності її роботи.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в поглибленні і подальшому розвитку існуючих та розробленні нових теоретичних положень, методів і математичних моделей техніки імітації пострілу для підвищення ефективності процесу тренування навичкам застосування вогнепальної зброї.

**Вперше** запропоновано математичну модель віддачі короткоствольної вогнепальної зброї при виконанні пострілу, яка, на відміну від існуючих, моделює віддачу як технічну властивість зброї у взаємодії з біомеханікою руки стрілка, що дозволяє оцінювати її наслідки і здійснювати індивідуальний підбір зброї.

**Вперше** розроблено метод імітації пострілу, який, на відміну від існуючих, забезпечує поетапне моделювання та оцінювання траєкторії точки прицілювання, що дозволяє визначати координати мішені, виявляти помилки на початкових етапах навчання і запобігати їх розвитку шляхом проведення корегування та надання рекомендацій, з метою забезпечення високої ефективності і раціональності навчально-тренувального процесу.

**Отримала подальший розвиток** структурно-функціональна організація біотехнічної системи для навчання та оцінювання навичок застосування зброї, що, на відміну від існуючих, поєднує стандартні блоки із багаторазовим універсальним лазерним набором, що забезпечує оцінювання параметрів якості стрільби в режимі реального часу, підвищення ефективності навчально-тренувального процесу і формування рекомендацій по його структурі і динаміці.

**Отримала подальший розвиток** структурна модель процесу прицілювання при стрільбі, яка, на відміну від існуючих, визначає сигнал неузгодженості за наявності дестабілізуючих факторів, що дозволяє уникнути засвоєння стрілками хибної техніки прицілювання на початкових етапах і підвищити ефективність всього навчального процесу.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у комплексній прикладній спрямованості отриманих результатів, що використовуються при організації тренувань стрільків різних кваліфікацій для підвищення якості, ефективності та інформативності проведення стрільб.

В результаті дисертаційного дослідження було розроблено:

- інформаційно-структурну модель особистості стрілка-професіонала як складової ланки «людина – технічна система» у вигляді сукупності внутрішньої мотиваційно-обумовленої сфери особистості і зовнішньої предметно-обумовленої сфери її діяльності, новизною якої є те, що обидві сфери діяльності взаємозв'язані між собою кількісними та якісними показниками, що дозволяє визначати професійний рівень особистості як об'єкту навчально-тренувального процесу.

- біотехнічну систему для проведення та оцінювання стрільб, яка включає в себе програмну та апаратну частини і основними складовими якої являються: модуль аналізу точності стрільби, блок моделювання тренувальної ситуації, блок відеореєстрації та універсальний лазерний набій, що у сукупності з програмним та інформаційним забезпеченням реалізує розроблений метод.

- схемотехнічну і конструкторську реалізацію багаторазового універсального лазерного набою для табельної зброї у вигляді стандартного патрону калібрів 5,45 мм; 7,62 мм і 9 мм із лазерними випромінювачами червоного та інфрачервоного діапазонів, застосування якого в навчально-тренувальному процесі максимально наближає його до реальних умов стрільби.

Впровадження біотехнічної системи забезпечило оновлення процесу тренування стрільків з вогнепальної зброї, зниження витрат на його організацію з одночасним підвищенням його безпеки, що підтверджується наступними актами:

- про впровадження результатів дисертаційної роботи на приватному підприємстві «Фортеця Гарант» від 27 березня 2012 р. Форма впровадження – програмне забезпечення біотехнічної системи, пристрій для імітації польоту кулі;

- про впровадження результатів дисертаційної роботи в навчальний процес Вінницького національного технічного університету від 16 лютого 2012 р. Форма впровадження – теоретичні результати моделювання складних біологічних систем.

### **Особистий внесок здобувача**

Всі результати наукових і практичних досліджень, що увійшли до дисертаційної роботи, отримані і розроблені автором самостійно. Особистий внесок здобувача в працях, написаних у співавторстві, полягає в наступному: в [1, ВНТУ] – належить пункт 1.3 – «Особливості протікання стресу в екстремальних умовах»; у [2, ВНТУ] – показано вплив варіації емоційного стресу на якість виконання дій, які вимагають концентрації сил і уваги; в [3, ВНТУ] розроблено структурну схему системи дистанційного контролю функціонального стану людини на базі сігма-дельта аналого-цифрового перетворювача; у [4, ВНТУ] розроблено алгоритмічне забезпечення автоматизованої системи для оптимізації розподілу персоналу; в [5, ВНТУ] розроблено інтерфейс технології ведення електронної картки працівника в сфері екстремальної діяльності; в [6, ВНТУ] побудована модель процесу прицілювання при стрільбі з короткоствольної вогнепальної зброї на базі системи з негативним зворотнім зв'язком і показано її місце в системі підготовки стрілка; в [7, ВНТУ] обґрунтовано метод аналізу траєкторії руху точки прицілювання і визначені значимі критерії для аналізу, запропоновано алгоритм такого аналізу, визначені схеми висновків, які будуть формуватися в процесі роботи методу; у [8, ВНТУ] спроектовано біотехнічну систему, описано її функціональні можливості та створено її структурно-функціональну схему; в [10, ВНТУ] запропоновано технологію автоматизованого тестування кандидатів на службу в ОВС; в [11, ВНТУ] запропоновано підхід до дистанційного отримання значимої інформації про біопотенціали людини; у [12, ВНТУ] показана роль експертних систем для вирішення задач діагностики та ідентифікації; в [13, ВНТУ] описано алгоритми виконання пострілу стрілками різних кваліфікацій; в [14, ВНТУ] розроблено принципи взаємозв'язку між антропометричними параметрами стрілка та якістю його стрільби; у [15, ВНТУ] показані особливості побудови вимірювальних перетворювачів, що використовуються для медичних діагностичних каналів; в [16,

ВНТУ] наведено принципи комплектування мілітаризованих формувань; в [17, ВНТУ] запропоновано підхід до загальної організації використання мультимедійної стрілкової системи в структурі тренувального процесу; в [18, ВНТУ] сформульовано вимоги, яким повинен відповідати оптимальний мультимедійний стрілковий тренажер; в [19, ВНТУ] запропоновано нові принципи організації біотехнічних стрілкових систем для тренування навичок володіння зброєю; в [20, ВНТУ] визначені критерії емоційного благополуччя для працівників екстремальних видів діяльності при виконанні ними своїх професійних обов'язків; в [21, ВНТУ] розроблено інтерфейс користувача і систему виведення інтегрального висновку; в [22, ВНТУ] створено бази даних і базу знань, оптимізовано інтерфейс основної програми; в [23, ВНТУ] виконано підготовку алгоритму аналізу технічних параметрів стрільби, розроблено бази даних висновків по результатах стрільби; в [24, ВНТУ] розроблено організацію електронної картки як банку даних для медичних інформаційних систем; в [25, ВНТУ] розроблено базу даних технології кадрового супроводження кандидатів на службу за контрактом.

### **Апробація результатів дисертації**

Основні положення та окремі результати роботи доповідались і обговорювались на Міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях і симпозіумах: IV і V Міжнародних науково-технічних конференціях «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування» (СПРТП-2009) і (СПРТП-2011) (м. Вінниця, 2009, 2011 рр.); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Психологічні технології в екстремальних видах діяльності» (м. Донецьк, 2008 р.); IX і X Міжнародних наукових конференціях «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2008) і (КУСС-2010) (м. Вінниця, 2008, 2010 рр.); III Всеукраїнській науково-практичній конференції «Становлення особистості професіонала: перспективи й розвиток» (Одеса, 2010 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси» (м. Київ, 2010 р.); IV Всеукраїнській науково-технічній конференції «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ» (м. Львів, 2011 р.); I Міжнародній науковій конференції пам'яті професора В. Поджаренка «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах ВКДТС-2011» (м. Вінниця, 2011 р.); The XI<sup>th</sup> International Conference TCSET'2012 «Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science» (Slavske, 2012); 11 Міжнародній науково-технічній конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», (м. Хмельницький, 2012 р.) а також на XXXVII, XXXVIII, XXXIX, XXXX і XXXXI щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету (м. Вінниця, 2008-2012 рр.).

### **Публікації**

За результатами роботи опубліковано 25 наукових праць: 1 монографія; 10 статей, в тому числі 8 – у фахових наукових виданнях; 11 матеріалів та тез доповідей на наукових конференціях і симпозіумах різних рівнів та отримано 3 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір – комп'ютерну програму.

### **Структура та обсяг дисертації**

Дисертаційна робота містить вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел на 12-ти сторінках, що містить 96 найменувань та додатки на 7-ми сторінках, де наведені документи щодо практичного використання результатів дисертаційних досліджень, а також фізична модель бази даних біотехнічної системи.

Основний зміст роботи викладено на 150-ти сторінках. Робота містить 15 таблиць, 41 рисунок. Повний обсяг дисертації складає 186 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ**

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 рівня апробації результатів роботи, а також її структури та обсягу.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан проблеми організації тренування стрільби

з вогнепальної зброї з використанням інформаційних мультимедійних технологій. В даному розділі був проведений аналіз вітчизняних і закордонних літературних джерел, який дозволив визначити основні напрямки вирішення сформульованої в дисертаційному дослідженні мети, що дало можливість синтезувати загальну класифікацію стрілкових тренажерно-імітаційних комплексів та технічних систем, яка показала, що одним з найбільш перспективних напрямків розробки тренувальної біотехнічної системи є створення апаратно-програмних засобів, які використовують вогнепальну табельну зброю, але при цьому імітують політ кулі на основі технології застосування лазерного променя.

З метою ознайомлення з процесами, які відбуваються при стрільбі в технічному плані, було розглянуто поетапне виконання пострілу і, зокрема, його вплив на стан стрілка. Це дало змогу визначити ті психофізіологічні елементи його функціонального стану, які в подальшому лягли в основу біологічної складової розроблюваної біотехнічної системи.

**Другий розділ** присвячений розробленню метода імітації пострілу із вогнепальної зброї. Даний метод побудовано на двох базових моделях: моделі процесу прицілювання при стрільбі із короткоствольної вогнепальної зброї (рис. 1) і математичної моделі віддачі зброї при виконанні пострілу.

Перша модель виконана на базі класичної системи з негативним зворотнім зв'язком з неузгодженістю. В даній моделі вхідним сигналом служить бажана точка влучання на мішені  $[X_1(t), Y_1(t)]$ , а вихідним – реальна точка прицілювання  $[X_2(t), Y_2(t)]$ . Регулятором виступає зоровий аналізатор (кінестетичний – для професіоналів, або їх комбінація), об'єктом управління – рука стрілка. Робота моделі полягає в тому, що частина вихідного сигналу подається на вхід системи і порівнюється стрілком з вхідним сигналом. У випадку наявності різниці між бажаною і дійсною точками влучання в системі виникає сигнал неузгодженості  $\varepsilon(t)$ , який подається на регулятор, що визначає дію корегування  $F(t)$ , яка в свою чергу подається на об'єкт управління, заставляючи виконати корегування точки прицілювання.

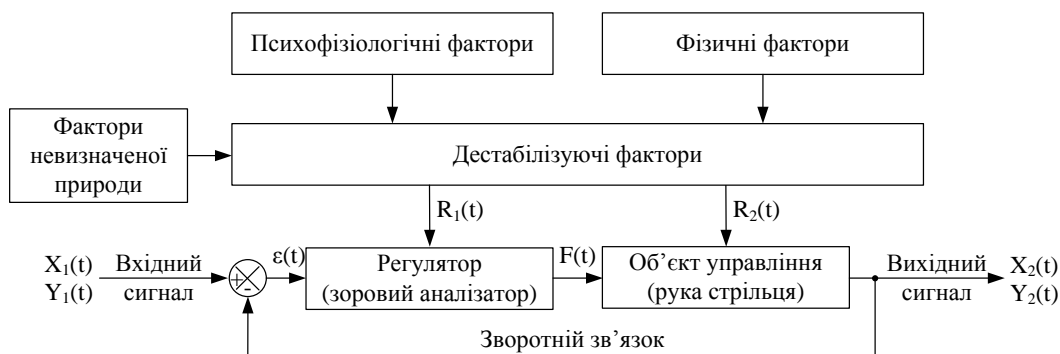


Рисунок 1 – Модель етапу прицілювання процесу стрільби із короткоствольної зброї

Надзвичайно важливу роль в процесі стрільби і в технічному, і в психологічному плані відіграє віддача. Тому визначення даного процесу має важливе значення при побудові адекватного методу імітації пострілу.

В процесі дослідження були виділені фактори, які здійснюють вплив на протікання віддачі, після чого вони були класифіковані і ранжовані за значимістю. Всі фактори були згруповані в три основні групи – зовнішні фізичні, внутрішні психофізіологічні і технічні фактори. На основі цього розроблено структурно-функціональну організацію моделі ефекту віддачі при виконанні пострілу. Дана організація стала базовою для побудови математичної моделі віддачі, яка дозволяє підставивши в неї параметри конкретної марки короткоствольної вогнепальної зброї та набою отримати кут зміщення вісі ствола зброї внаслідок пострілу (рис. 2).

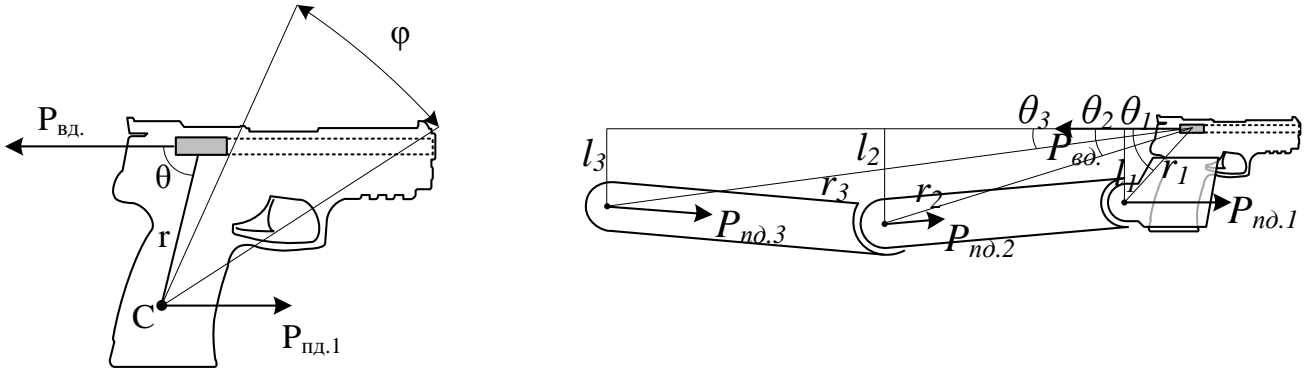


Рисунок 2 – Механіка руху зброї відносно фіксованої точки внаслідок пострілу:

$P_{вд}$  – імпульс зброї (віддача);  $P_{пд1}$  – протидія імпульсу;  $C$  – точка обертання,  $\varphi$  – кут відхилення вісі ствола

Момент імпульсу зброї навколо нерухомої вісі може бути знайдений з наступного виразу

$$L = |\vec{r} \cdot \vec{P}| = r \cdot P \cdot \sin \theta = r \cdot (m_{к.} \cdot v_{к.} + m_{н.г.} \cdot v_{н.г.}) \cdot \sin \theta, \quad (1)$$

де  $P$  – імпульс тіла;  $r$  – відстань до точки обертання;  $\theta$  – кут між цими векторами;  $m_{к.}$  – маса кулі;  $v_{к.}$  – усереднена швидкість кулі в момент вильоту з дула;  $m_{н.г.}$  – маса порохівих газів;  $v_{н.г.}$  – швидкість стоку порохівих газів.

Кінетична енергія тіла ( $E$ ), яке здійснює обертальний рух навколо нерухомої осі визначається наступним чином

$$E = \frac{I \cdot \omega^2}{2} = \frac{L \cdot \omega}{2} = \frac{L}{2} \cdot \frac{\varphi}{t}, \quad (2)$$

де  $t$  – проміжок часу дії імпульсу;  $\varphi$  – кут зміщення;  $I$  – момент інерції тіла.

Отже, для даної моделі кут відхилення вісі ствола пістолета при стрільбі у взаємодії зброї з біомеханікою руки стрілка визначається за формулою

$$\varphi_{\Sigma} = \frac{2E \cdot t}{(m_{к.} \cdot v_{к.} + m_{н.г.} \cdot v_{н.г.})} \cdot \sum_{i=1}^3 \left( K_i \frac{1}{l_i} \right), \quad (3)$$

де  $E$  – енергія, що отримує зброя від згорання вибухової речовини;  $l_i$  – відстань по нормалі від  $i$ -того суглобу руки до вісі «око-мішень», на якій знаходиться прицільний пристрій зброї;  $K$  – коефіцієнт напруженості керуючого  $i$ -того м'язу, що визначається за допомогою тензіометра.

Таким чином, дана модель забезпечує оптимальний підбір вогнепальної зброї з урахуванням техніки виконання пострілу конкретним стрільком.

Базуючись на даних моделях, був розроблений метод імітації пострілу та оцінювання траєкторії руху точки прицілювання, що включає в себе різнобічний аналіз реалізації пострілу стрільком за допомогою заміщення реального бойового набою лазерним променем, траєкторія переміщення по поверхні мішені якого реєструється комп'ютеризованими технічними засобами.

Оцінювання якості виконання пострілу ґрунтується на поділі всього процесу прицілювання та пострілу на 3 етапи – націлювання, точне наведення та утримування. Відокремлюючи та оцінюючи кожен з них, можна сформулювати висновок про якість пострілу за допомогою введення 4-х значимих параметрів, які оцінюються за двобальною шкалою – довжини траєкторії  $l$ , часу руху  $t$ , кута відхилення від оптимального напрямку  $\varphi$  і власне якості влучання  $P$  (рис. 3).



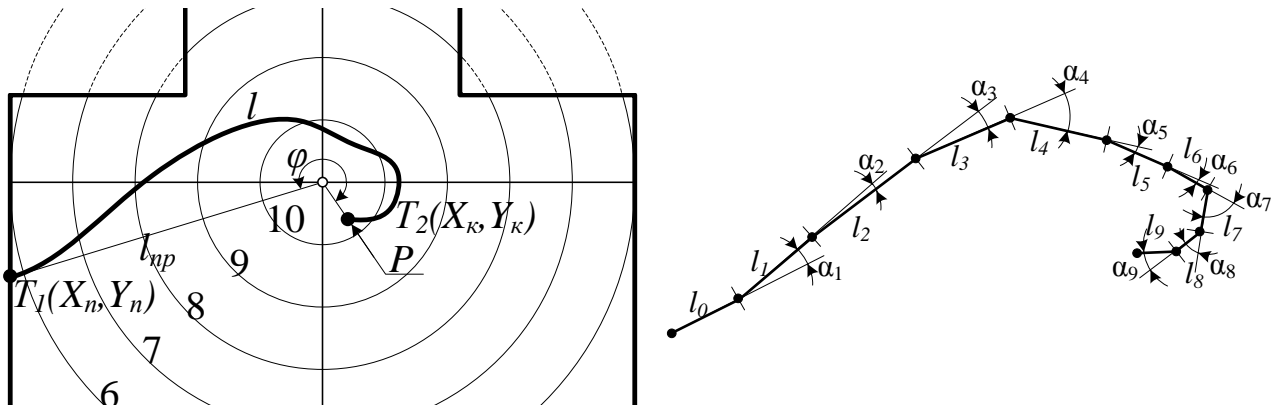


Рисунок 3 – Траекторія руху точки прицілювання по мішені та її дискретизація

Першим етапом аналізу траекторії є її дискретизація – розбиття на окремі ламані ланки згідно часової константи, з подальшим визначенням параметрів цієї кривої. Таким чином, такі параметри як довжина траекторії  $l$  визначається як сума довжин всіх елементарних ланок  $l_i$ , а кут  $\varphi$  – як кут між точкою появи прицільного пристрою на площині мішені (початку траекторії) та точкою влучання відносно центру мішені. При цьому, сума кутів  $\alpha_i$  дає можливість визначити ступінь ламаності траекторії, що говорить про стабільність руху зброї. Влучність визначається шляхом розпізнавання біотехнічної системою закінчення процесу прицілювання і пострілу – реєстрації спеціального кодованого сигналу лазерного випромінювача, який свідчить про завершення сесії пострілу. Час фіксується після появи точки прицілювання на робочій області мішені, а вимірювання кожного етапу руху траекторії виконується на базі характерних для них ознак. Формули для визначення довжини ланки  $L$  і кутових відхилень ланок  $\alpha$  наступні:

$$L = \sqrt{(x_C - x_P)^2 + (y_C - y_P)^2}, \quad (4)$$

$$\alpha = \arccos \left( \frac{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 - (x_3 - x_1)^2 - (y_3 - y_1)^2}{2 \cdot \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \cdot \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2}} \right), \quad (5)$$

де  $(x_C, y_C)$ ,  $(x_P, y_P)$  – координати крайніх точок однієї ланки;  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$  – координати точок двох ланок, що формують кут з вершиною в  $(x_2, y_2)$ .

Оцінювання даних показників здійснюється на основі аналізу попередніх результатів тренувального процесу, що дозволило сформулювати 16 основних правил-характеристик виконання процесу прицілювання та оцінити його реалізацію, характерну саме для конкретного стрілка (табл. 1).

Оцінювання кожного параметра траекторії має наступний вигляд (для  $n > 3$ )

$$\left( \sum_{i=n-2}^n X_i / 3 \right) : \left( \sum_{i=1}^n X_i / n \right) \geq 1 \rightarrow L_n = 1, \text{ інакше } L_n = 0, \quad (6)$$

де  $X_i$  – показник параметру  $i$ -тої стрільби;  $L_n$  – оцінка параметру останньої сесії стрільби;  $n$  – кількість тренувань.

Таким чином, використання даної формули буде справедливим лише тоді, коли стрілок тренується згідно методу і вже має деякі результати ( $X_i \neq 0, n > 0$ ).

Таблиця 1 – Оціночні показники аналізу траекторії згідно розробленого методу

№	$P$	$l$	$t_{заг}$	$\varphi$	Коротка характеристика
1.	1	1	1	1	Такий набір показників являється ідеальним на етапі прицілювання і забезпечує якісний постріл.
2.	1	1	1	0	Великий $\varphi$ при оптимальних інших показниках свідчить про наявність помилок на підетапі точного прицілювання. У поєднанні з малим часом

					міграції є результатом автоматизму.
3.	1	1	0	1	Являється відмінним результатом для організації процесу прицілювання в тоді, коли час не відіграє важливої ролі.
...	...	...	...	...	...
16.	0	0	0	0	Відсутність елементарних навичок прицілювання.

У **третьому розділі** обґрунтовується біологічна складова біотехнічної системи, яка складається з декількох елементів і сформульовано вимоги, що висувуються до неї. Показано, що в процесі тренування виникає біотехнічний взаємозв'язок «стрілок – зброя (технічна система)». Особливістю цієї структури є взаємний вплив, який здійснюють обидва елементи один на одного. Визначення та узагальнення параметрів, які дозволяють оцінити дану взаємодію, дозволили запропонувати інформаційно-структурну модель особистості стрілка-професіонала.

Дана модель дозволяє визначити фактори, які можуть бути використані для оцінювання рівня емоційного благополуччя стрілка в процесі тренування з використанням зброї. Їх психофізіологічна діагностика дозволяє оцінити ступінь готовності стрілка використовувати вогнепальну зброю лише в необхідних випадках, що і являється однією з головних задач тренування – адекватне сприйняття ситуації. Згідно даної моделі, належний рівень благополуччя представлено у вигляді внутрішньої мотиваційно-обумовленої сфери функціонування особистості, критерієм оцінювання якої є благополуччя, зовнішньої предметно-обумовленої сфери діяльності особистості, критерієм якої визначено цінність особистості та зовнішнього середовища, в умовах якого відбувається і психофізіологічне функціонування особистості, як суб'єкта, і професійна діяльність особистості, як об'єкта навчально-тренувального процесу.

Першим елементом біологічної складової є дослідження стрілка на предмет визначення того, чи можна йому довірити володіння вогнепальною зброєю. Для цього проводиться психофізіологічне дослідження рівня агресивності і контролю стрілка, а також визначення напрямку акцентуації особистості за допомогою тестових методик відповідно Басса-Дарки та Леонгарда-Шмішека. Перевірка психофізіологічної складової стану стрілка із застосуванням цих методик стає необхідною умовою їх допуску до тренувань.

Наступним елементом є моніторинг функціонального стану стрілка, який базується на реєстрації та аналізі його фізіологічних показників. Серед великої кількості методів, які можна використати для діагностики стану людини було обрано такі, що дозволяють досліджувати фізіологічні параметри об'єктивно, надійно і мобільно. До таких параметрів можна віднести шкірно-гальванічну реакцію, частоту серцевих скорочень і температуру тіла. Оцінювання адекватного рівня функціонального стану людини в процесі стрільби виконувалось за допомогою наступного виразу

$$P_{t_k} = \left\{ [M_1], \left[ \sum_{j=\alpha+1}^N (f_j \{P_{jn}, P_{jGP}^H, P_{jGP}^E\} \cdot Q_j) \right] \right\}, \quad (7)$$

де  $P_{t_k}$  – множина ознак, що характеризує поточний стан стрілка в момент  $t_k$ ;  $M_1 = \{P_1, P_2, \dots, P_\alpha\}$  – підмножина ознак, які не змінюються в процесі виконання розгортання тренувальної ситуації;  $P_{jn}$  – значення  $j$ -тої ознаки в нормі;  $P_{jGP}^H$ ,  $P_{jGP}^E$  – відповідно нижнє і верхнє значення діапазону граничних значень  $j$ -тої ознаки, в межах якого можливе адекватне виконання пострілу;  $Q$  – біологічний зворотній зв'язок як функція функціонального резерву біопоказника.

Третім елементом біологічної складової є визначення тремору верхніх кінцівок, оскільки, згідно проведених досліджень, даний показник прямо впливає на якість пострілу. Дослідження даного показника показує доцільність проведення тренування, а також слугує додатковим чинником при оцінюванні якості пострілу. Рівень тремору визначають наступним чином

$$PT = \frac{n}{N} \cdot t, \quad (8)$$

де  $n$  – кількість елементів, що активувались в межах заданої області пострілу;  $N$  – загальна кількість елементарних активних елементів;  $t$  – час утримання зброї.

У **четвертому розділі** було проведено практичну реалізацію теоретичних положень, отриманих в попередніх розділах і розроблено біотехнічну систему (БТС) для навчання та оцінювання навичок володіння вогнепальною зброєю (рис. 4).

Розроблена БТС передбачає кілька режимів роботи, які можна поділити на 2 основні групи – з видимим і невидимим лазерним променем. Кожна з цих груп має свої переваги і недоліки, узагальнюючи які, можна сказати, що режим видимого променя дозволяє зробити тренування більш наочним, що дуже важливо для стрільців-початківців. В свою чергу, режим невидимого променя більш наближений до реальних умов стрільби, коли стрілок орієнтується лише на власні чуття.



Рисунок 4 – Структурно-функціональна організація системи

В роботі запропоновано структурну організацію процесу тренування, згідно якої БТС імітує бойову ситуацію і одночасно визначає реакцію стрілка на неї, після чого порівнює отриманий масив показників з заданими та раніше зареєстрованими даними, формуючи відповідні висновки і рекомендації.

Вся БТС поділяється на програмну та апаратну частину. При цьому апаратна частина забезпечує імітацію процесу тренування, а програмна – призначена для аналізу та обробки його показників.

Важливим елементом розробленої системи являється імітатор пострілу. При використанні реальної зброї в тренувальному процесі задача імітації польоту кулі покладається на спеціальний модуль «Лазерний випромінювач», що в сукупності з табельною зброєю і забезпечує таку імітацію. Одночасно він є компактним і непомітним ззовні. Однією з найбільш оптимальних реалізацій цього модуля є універсальний лазерний набій (рис. 5). Це модифікована багаторазова

гільза з електронною схемою, яка заряджається в зброю і випромінює лазерний імпульс в залежності від режиму тренування або постійно, або при силовій дії на неї бойка.

Програмна частина БТС включає в себе кілька програмних засобів, які призначені для інформаційного забезпечення процесу тренування – це модуль аналізу точності стрільби, модуль «Картка вогневої підготовки», модуль підготовки сюжетів, драйвер відеозахоплення і модуль аналізу даних з сенсорів.

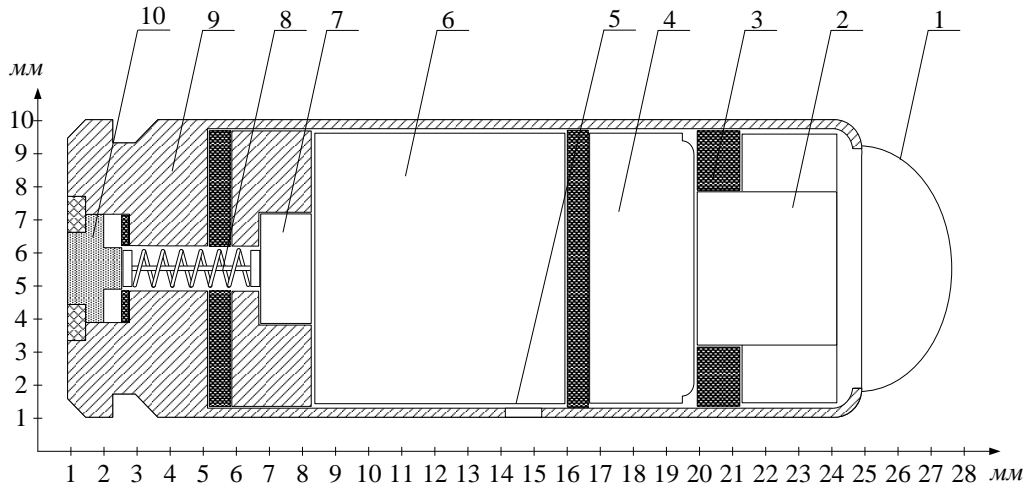


Рисунок 5 – Конструкція модуля «Лазерний випромінювач»: 1 – збірка лінз; 2 – лазерний діод; 3 – корпусні фіксатори; 4 – елементи живлення; 5 – вікно налаштування; 6 – електронна схема; 7 – мікроперемикач; 8 – пружина; 9 – корпус гільзи; 10 – ударна пластинка

Модуль аналізу точності стрільби призначений для запуску імітації бойової ситуації та аналізу серії пострілів і визначення їх значимих параметрів. Після запуску на екрані монітора або проектора підготовленого сюжету та його розгортання в часі (у випадку динамічної мішені) БТС починає слідкувати за діями стрілка, реєструючи відповідні параметри (рис. 6, а).

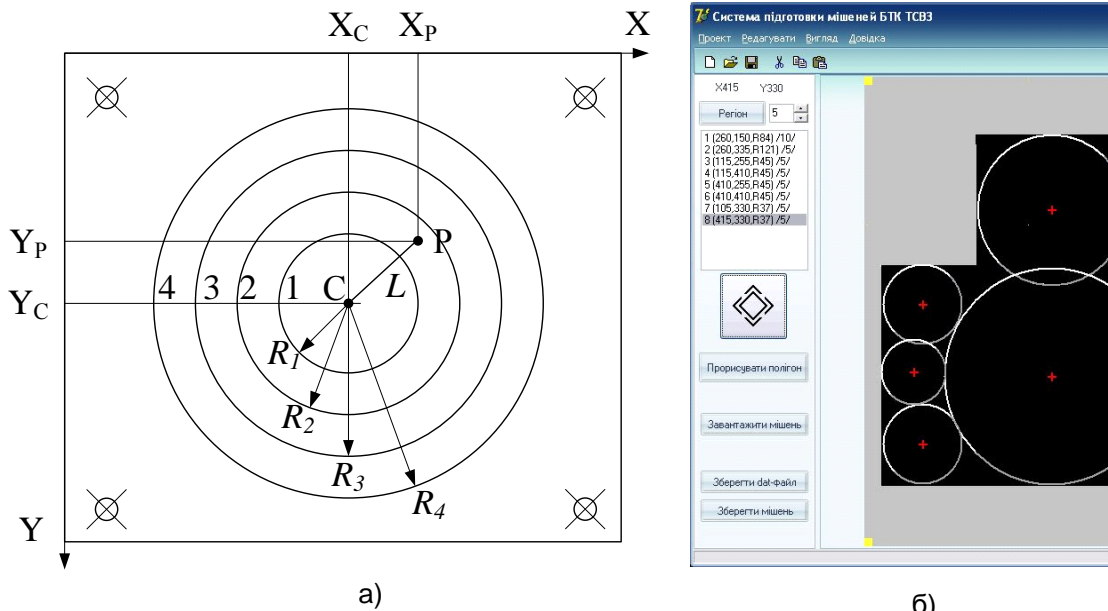


Рисунок 6 – Візуальне забезпечення біотехнічної системи: а – визначення точності пострілу; б – частина вікна програми розроблення складної електронної мішені

Модуль підготовки сюжету призначений для формування спеціальних електронних мішеней для даної БТС. Кожна така мішень складається з двох компонент – видимої і невидимої. Видима призначена для стрілка і служить для нього орієнтиром, викликаючи відповідну реакцію. Невидима призначена для БТС і являється своєрідним шаблоном або еталоном дії. Чорний силует стандартної щитової мішені являється видимою складовою мішені (рис. 6, б). Білі кола, які

покривають мішень – невидима складова, яка не показується при моделюванні сюжету. Якщо стрілок, оцінивши мішень, влучає в конкретну її частину, то БТС визначає характеристику регіону згідно оцінки по його невидимій складовій.

Модуль «Картка вогневої підготовки» (рис. 7) призначений для ведення обліку тренувань на БТС. Він забезпечує роботу з базою даних, веде реєстр стрілків, відображає динаміку їх тренування і навчальний прогрес. Також з його допомогою можна отримати доступ (при відповідному рівні прав) до інших модулів БТС.

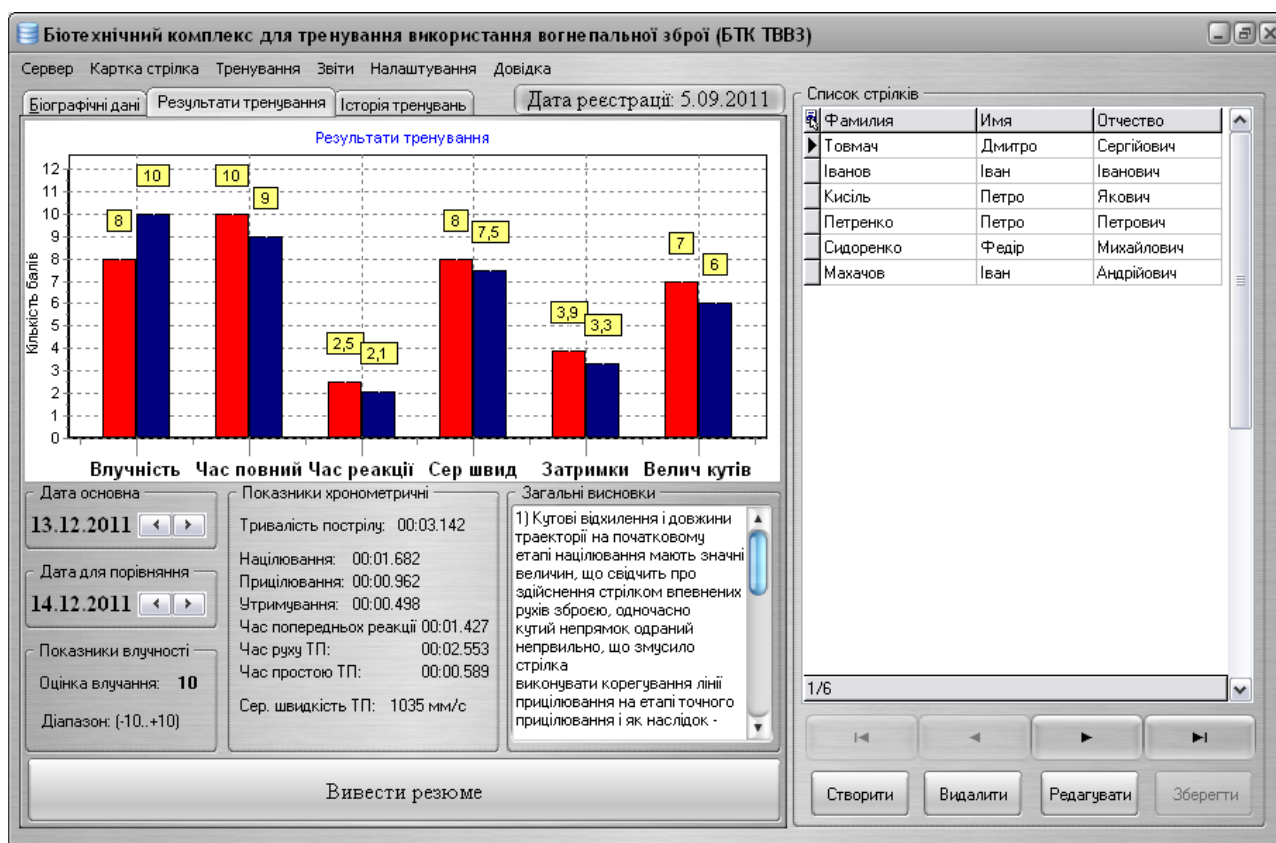


Рисунок 7 – Аналіз тренувального процесу (модуль «Картка вогневої підготовки»)

У п'ятому розділі проведено експериментальні дослідження розроблених в роботі системи та моделей. Підвищення ефективності та інформативності тренувального процесу визначалося в два етапи. Перший етап полягав в тому, що результати програмного аналізу тренувальних стрільб порівнювалися з думкою експертів щодо результатів стрільб даного стрілка. Другий етап – це експериментальне дослідження прогресу тренування з використанням розробленої БТС у порівнянні з мультимедійним тиром.

В ході експериментального дослідження, тренування на БТС пройшли 58 працівників охоронних структур, які були поділені на наступні категорії: стрілок-початківець, стрілок середньої кваліфікації і стрілок-професіонал, а також 20 спортсменів-стрілків, які поділялись на 2 категорії – початківці і професіонали.

На першому етапі відсоток збіжності результатів між думками експертів і висновками БТС склав 78 %, при чому повнота висновків і рекомендацій, які надавала БТС, була лише на 8 % меншою по своїй повноті згідно думок експертів (табл. 2). Другий етап перевірки ефективності показав, що найбільш виразний ефект для позитивного прогресу тренування розроблена БТС має для стрілків-початківців, що було підтверджено ще на етапі аналітичного огляду.

Таблиця 2 – Результати першого етапу дослідження ефективності БТС

№	Кваліфікація	Кільк.	Середній відсоток збіжності висновку експерта і БТС	Повнота висновку і рекомендацій	
				БТС	Експерти

1.	Низька	21	77 %	85 %	80 %
2.	Середня	23	84 %	80 %	80 %
3.	Висока	14	81 %	70 %	90 %
4.	Початківець	14	72 %	75 %	75 %
5.	Професіонал	6	79 %	65 %	90 %
Середнє значення:			78 %	75 %	83 %

Для проведення порівняльного аналізу розробленої БТС з існуючими стрілковими тренажерами і системами були визначені критерії порівняння, а самі результати порівняння наведені в табл. 3. До критеріїв було віднесено, перш за все, наявність ефекту віддачі, використання табельної зброї для тренування, наявність лазерного набою, наявність ефекту пострілу, відношення ціна/ефективність, універсальність застосування, реалістичність застосування (визначається експертним шляхом).

Навчальна ефективність розробленої БТС має вигляд

$$k_{нав} = \frac{n_o}{N_o} \cdot 100\%, \quad (9)$$

де  $k_{нав}$  – коефіцієнт навчальної ефективності;  $n_o$  – кількість стрільців, для яких прогрес тренування за результатами контрольних перевірок був вищим, ніж при використанні аналогічних систем (29 чоловік різних кваліфікацій);  $N_o$  – загальна кількість стрільців, які проходили тренування на БТС (2 група – 39 чоловік).

Експериментально визначений коефіцієнт навчальної ефективності для розробленої системи становить  $k_{нав} = 74\%$ .

Узагальнений показник технічної ефективності функціонування розробленої БТС ( $R_{БТС}$ , %) визначався за допомогою показника

$$R_{БТС} = K_{нар} \cdot \frac{N_{pc} \cdot t_{cp}}{N_{\Sigma} \cdot t_{pd}} \cdot 100\%, \quad (10)$$

де  $K_{нар}$  – усереднений коефіцієнт охоплення БТС множини параметрів пострілу відносно експертного оцінювання ( $\approx 0,85$ );  $N_{pc}$  – повнота висновків, що надає БТС;  $N_{\Sigma}$  – повнота висновків, що надаються експертами;  $t_{cp}$  – середній час підготовки і виконання пострілу за допомогою БТС;  $t_{pd}$  – середня тривалість пострілу в реальному бойовому тирі.

Узагальнений показник технічної ефективності склав  $R_{БТС} \approx 84\%$ . Загальний критерій ефективності  $K_{ЕФ}$  визначався як добуток вищенаведених показників

$$K_{ЕФ} = k_{нав} \cdot R_{БТС}, \quad (11)$$

і для розробленої БТС для навчання та оцінювання навичок застосування вогнепальної зброї становить  $K_{ЕФ} \approx 60\%$ .

Таблиця 3 – Порівняльна таблиця існуючих тренажерів та розробленої системи

№ п/п	Назва тренажеру, системи, тиру, країна-виробник	Показник, функція, критерій						
		Наявність ефекту віддачі	Використання табельної зброї	Наявність універсального лазерного набою	Наявність ефекту пострілу	Універсальність застосування *	Реалістичність застосування *	Відповідність ціна/ефективн. (від 0 до 1)
1.	Розроблена БТС (Україна)	+	+	+	+	0,76	0,95	0,7
2.	Лазерний СТ ЛТ110 ПМ (Росія)	-	-	-	-	0,60	0,65	д/н

3.	Лазерний тренажер ЛСКМ430 (Росія)	-	-	-	-	0,58	0,7	д/н
4.	Оптико-електронний тренажер СКАТ (Росія)	д/н	-	-	д/н	0,67	0,82	0,55
5.	Уніфікований тренажер 1У35 (Росія)	+	-	-	+	0,61	д/н	0,61
6.	Лазерний тренажер Рубін-330 ПМ (Росія)	-	-	-	+	0,66	0,79	0,42
7.	Лазерний тренажер АМА (Росія)	-	д/н	-	+	0,59	0,77	д/н
8.	Лазер. пристрілочний комплекс Nakko Sighter HL-7-1 (Японія)	-	+	+	-	д/н	д/н	0,35

Примітка: д/н – дані не відомі; \* – визначається експертним шляхом, від 0 до 1.

В додатках до роботи наведена інформація про впровадження теоретичних і практичних результатів дисертаційних досліджень, а також фізична модель бази даних розробленої БТС.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отримано теоретичні та науково-практичні результати в галузі створення методів та біотехнічних систем для організації стрілкового тренувального процесу, що дозволило підвищити його ефективність. Таким чином, мета, поставлена в дисертаційній роботі, була досягнута.

Основні наукові і практичні результати полягають в наступному:

1. Розроблено інформаційно-структурну модель особистості стрілка-професіонала як складової ланки «людина – технічна система» у вигляді сукупності внутрішньої мотиваційно-обумовленої сфери особистості і зовнішньої предметно-обумовленої сфери її діяльності, новизною якої є те, що обидві сфери діяльності взаємозв'язані кількісними та якісними показниками, що дозволяє визначати професійний рівень особистості як об'єкту навчально-тренувального процесу.

2. Запропоновано структурну модель процесу прицілювання у вигляді системи із негативним зворотнім зв'язком з неузгодженістю, особливістю функціонування якої є передача на вхід частини вихідного сигналу, що забезпечує аналіз координат точки прицілювання (траєкторії, часу міграції, результату пострілу) і формування висновку про раціональність та ефективність всього процесу прицілювання.

3. Вперше розроблено математичну модель віддачі короткоствольної вогнепальної зброї при виконанні пострілу, новизною якої є те, що вона моделює власне віддачу як технічну властивість зброї у її взаємодії з біомеханікою руки стрілка, визначаючи при цьому кут відхилення вісі ствола пістолета при стрільбі і параметри, які здійснюють вплив на появу віддачі з наступним їх ранжуванням за ступенем значущості, що дозволяє оцінювати віддачу і здійснювати на основі отриманих даних індивідуальний підбір вогнепальної зброї.

4. Вперше розроблено метод імітації пострілу, сутність якого полягає в поетапному моделюванні та оцінюванні траєкторії точки прицілювання, що дозволило визначати координати мішені, в яку цілиться стрілок, виявляти, при цьому, помилки на початкових етапах тренування з використанням біотехнічної системи, запобігати їх розвитку і можливому закріпленню шляхом корегування і надання рекомендацій, що забезпечує високу ефективність, об'єктивність і раціональність навчально-тренувального процесу.

5. Отримала подальший розвиток структурно-функціональна організація біотехнічної системи для навчання стрільбі з вогнепальної зброї в частині застосування разом із стандартними блоками багаторазового універсального лазерного набою, який використовується з табельною зброєю, що повністю забезпечує реалістичність тренувального процесу, оцінювання якості стрільби в режимі реального часу, формування рекомендацій по його структурі і динаміці.

6. Розроблено біотехнічну систему для проведення та оцінювання стрільби, яка включає в себе апаратну та програмну частини і ділиться на біологічну і технічну підсистеми, що забезпечує організацію стрільби з параметрами, максимально наближеними до реальних, реєстрацію показників стрільби в режимі реального часу, використання універсального лазерного набою та оцінювання стану стрілка, і, таким чином, реалізує розроблений метод.

7. Розроблено схемотехнічну та конструкторську реалізацію універсального лазерного набою для табельної зброї у вигляді стандартного патрону із лазерними випромінювачами червоного та інфрачервоного діапазонів, застосування якого в навчально-тренувальному процесі максимально наближає його до реальних умов.

8. Розроблено алгоритми для навчання і тренування на БТС стрільців-початківців та стрільців-професіоналів в умовах лазерного тиру (тренажеру), дії зовнішніх та внутрішніх артефактів, при різних рівнях психоемоційної напруженості і реалістичності модельованих сюжетів.

### **СПИСОК ОСНОВНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Сучасні методи і засоби для визначення і діагностування емоційного стресу : монографія / Злепко С.М., Мінцер О.П., Костішин С.В. та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 228 с. – ISBN 978-966-641-392-8.

2. Злепко С.М. Метод визначення рівня емоційного стресу для оцінки інтегрального показника здоров'я спортсмена / С.М. Злепко, В.В. Бондарчук, С.В. Костішин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – №2. – С.143–149. – ISSN 2219-9365.

3. Злепко С.М. Реєстрація потенціалів біологічно активних точок у системі дистанційного контролю функціонального стану людини на базі  $\Sigma$ - $\Delta$  аналого-цифрового перетворення [Електронний ресурс] / С.М. Злепко, Р.С. Белзецький, С.В. Костішин // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2009. – № 1. – 6 с. – Режим доступу до статті : [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-1/2009-1.files/uk/09smztdc\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-1/2009-1.files/uk/09smztdc_ua.pdf)

4. Шиян А.А. Синтез автоматизованих систем управління для оптимізації підбору персоналу фірми за функціональними обов'язками / А.А. Шиян, С.М. Злепко, С.В. Костішин // Нові технології. Науковий вісник Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій управління. – 2009. – №4(26). – С. 67–70. – ISBN 1810-3049.

5. Розробка програмного забезпечення інформаційної технології психофізіологічного відбору кандидатів на контрактну службу / Злепко С.М., Тимчик С.В., Костішин С.В., Штофель Д.Х. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2010. – № 3(19). – С. 66–70.

6. Костішин С.В. Моделювання етапу прицілювання процесу стрільби з короткоствольної вогнепальної зброї / С.В. Костішин, С.М. Злепко, А.А. Шиян // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Новые решения в современных технологиях. – 2010. – №57. – С.240–243. – ISSN 2079-5459.

7. Костішин С.В. Метод та алгоритм аналізу і оцінювання траєкторії точки прицілювання / С.В. Костішин, С.М. Злепко, А.А. Шиян, М.В. Московко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 2/3 (50). – С. 68–72. – ISSN 1729-3774.

8. Злепко С.М. Структурно-функціональна організація біотехнічного комплексу для навчання і тренування стрільців застосуванню вогнепальної зброї / С.М. Злепко, С.В. Костішин, М.В. Московко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – №2. – С. 163–167. – ISSN 2219-9365.

9. Костішин С.В. Модель ефекту віддачі зброї при виконанні пострілу в спортивній стрільбі / С.В. Костішин // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – № 2/4 (56). – 2012. – С. 30–35.

10. Интегральный автоматизированный психодиагностический комплекс для психофизиологического отбора и тестирования кандидатов на службу и обучение в системе МВД Украины / С.М. Злепко, В.А. Криволапчук, С.В. Костішин та ін. // МНПК „Психологические технологии в экстремальных видах деятельности”. – Донецк, 2008. – Т.8. – С.89–93.



11. Злепко С.М. Реєстрація потенціалів біологічно активних точок у системі дистанційного контролю функціонального стану людини на базі  $\Sigma$ - $\Delta$  аналого-цифрового перетворення [Електронний ресурс] / С.М. Злепко, Р.С. Белзецький, С.В. Костішин // “Контроль і управління в складних системах (КУСС-2008)” : матеріали ІХ Міжнародної конференції. – Режим доступу до матеріалів : [http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/materials/subsection\\_3.2.pdf](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/materials/subsection_3.2.pdf)

12. Суrowa Н.М. Нейромережі та експертні системи на їх основі в медичній діагностиці / Н.М. Суrowa, С.В. Костішин // Сучасні проблеми радіелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2009) : матеріали ІV Міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 19-21 травня 2009 року. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – С. 55.

13. Штофель Д. Антропометрично-психофізіологічна функціональна сумісність людини і короткоствольної зброї / Д. Х. Штофель, С. В. Костішин, В. О. Гомолінський // Становлення особистості професіонала : перспективи й розвиток : матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Одеса, 19 лютого 2010 року. – Одеса : ОДУВС, 2010. – С. 418–421.

14. Діагностичний комплекс для визначення антропометрично-психофізіологічної сумісності людини і зброї / С.М. Злепко, Д.Х. Штофель, Л.Г. Коваль, С.В. Костішин // «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси» : матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 24-26 травня 2010 р. – К. : НАУ, 2010. – С. 336–338.

15. Вимірювальні перетворювачі для реєстрації біосигналів [Електронний ресурс] / О.В. Белоусова, С.В. Костішин, А.П. Моторний, Р.С. Белзецький // “Контроль і управління в складних системах (КУСС-2010)” : матеріали Х Міжнародної конференції, м. Вінниця, 19-21 жовтня 2010 р. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – С. 91. – Режим доступу матеріалів : [http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/materials/subsection\\_2.1.pdf](http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2010/materials/subsection_2.1.pdf)

16. Злепко С.М. Регіональні центри комплектування Збройних Сил України: сучасний етап і шляхи розвитку / С.М. Злепко, А.А. Шиян, С.В. Костішин // «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ» : матеріали ІV Всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Львів, 12-13 квітня 2011 р. – Львів : Академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного, 2011. – С. 304–305.

17. Злепко С.М. Організація біотехнічного комплексу для тренування використання вогнепальної зброї / С.М. Злепко, С.В. Костішин, О.В. Белоусова // Сучасні проблеми радіелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2011) : матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 19-21 травня 2011 року. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – С. 160.

18. Злепко С.М. Вимоги до біотехнічного комплексу для тренування у спортивній стрільбі з вогнепальної зброї / С.М. Злепко, Л.Г. Коваль, С.В. Костішин // Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах ВКДТС-2011 : збірник тез доповідей І міжнародної наукової конференції пам'яті професора В. Поджаренка, м. Вінниця, 18-20 жовтня 2011 року. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – С. 200.

19. Basic Concepts of Modern Shooting Galleries Design / Sergiy Zlepko, Dmytro Shtofel, Sergiy Kostishyn, Sergiy Tymchuk // “Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science” : proceedings of the XI<sup>th</sup> International Conference TCSET'2012, Slavske, February 21–24, 2012. – Lviv : LPNU, 2012. – P. 217. – ISBN: 978-617-607-208-9.

20. Аналіз структури психологічної готовності молодих офіцерів Збройних Сил України до професійної діяльності (за матеріалами літературних джерел) / Коваль Л. Г., Злепко С. М., Костішин С. В. та ін. // Матеріали 11 міжнародної науково-технічної конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах», м. Хмельницький, 5–8 червня 2012 р. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – С. 43–44. – ISBN 978-966-8776-24-3.

21. Комп'ютерна програма „Інтегральний автоматизований психодіагностичний комплекс ІАПДК” / С.М. Злепко, Л.Г. Коваль, С.В. Костішин та ін. // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 27091. – К. : Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 30.12.2008.

22. Комп'ютерна програма «Диспетчер рівня професійної підготовки – Статист (ДРПП-Статист)» / Злепко С.М., Коваль Л.Г., Костішин С.В. та ін. // Свідоцтво про реєстрацію

авторського права на твір № 33508. – К. : Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації : 31.05.2010.

23. Комп'ютерна програма „Інтелектуальний комп'ютеризований стрілковий тренажер (ІКСТ)” / С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, С. В. Костішин, А. П. Моторний // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 44093. — К. : Державна служба інтелектуальної власності України. — Дата реєстрації: 31.05.2012.

24. Інформаційна технологія психофізіологічного відбору кандидатів на контрактну службу: картка психологічного супроводу / С.М. Злепко, В.В. Петренко, С.В. Костішин, Л.Г. Коваль // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – №1. – С. 15–19. – ISSN 1996-1960.

25. База даних технології психофізіологічного відбору кандидатів на контрактну службу / С.М. Злепко, В.В. Петренко, Л.Г. Коваль, С.В. Костішин // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – №3. – С. 32–36. – ISSN 1996-1960.

### АНОТАЦІЯ

**Костішин С. В. Біотехнічна система для навчання та оцінювання навичок застосування вогнепальної зброї.** — На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи. — Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2013.

В роботі розроблена теоретична база організації тренувального процесу стрільків різних кваліфікацій з використанням мультимедійних технологій і програмно-технічних засобів. В результаті теоретичних досліджень були розроблені: метод імітації пострілу, що базується на кількох, розроблених автором, моделях – моделі виконання пострілу на основі системи з негативним зворотнім зв'язком і математичній моделі віддачі, що дозволяє прогнозувати кут відхилення зброї після пострілу, а також механізми оцінювання якості виконання прицілювання на основі аналізу траєкторії руху точки прицілювання по мішені. Програмно-технічні засоби, які реалізують теоретичні аспекти оптимізації тренувального процесу, дозволяють максимально наблизити умови тренування до умов реальної стрільби, зменшують витрати і підвищують безпеку тренування.

Розроблена в роботі біотехнічна система складається з двох підсистем – біологічної, яка оцінює психофізіологічний стан стрілка перед і в процесі стрільби, і технічної, яка служить для моделювання екстремальної ситуації, реєстрації та оцінювання технічних параметрів стрільби.

Використання біотехнічної системи, розробленої на основі отриманих теоретичних результатів, забезпечує високу різноманітність тренувальних сюжетів та інтерактивність всього процесу, що дає змогу стрілку впливати на сюжет в залежності від якості його стрільби. Практичне дослідження даної біотехнічної системи, яке було проведене у відповідних охоронних структурах, показало підвищення ефективності підготовки стрільків з її використанням на рівні 74% у порівнянні з аналогічними системами. Загальна ефективність системи склала 60%. Таким чином, мета, поставлена в дисертаційній роботі, була досягнута.

Ключові слова: біотехнічна система, вогнепальна зброя, метод імітації пострілу, тренування стрільків, якість пострілу, траєкторія прицілювання.

### АННОТАЦИЯ

**Костишин С. В. Биотехническая система для обучения и оценивания навыков применения огнестрельного оружия.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. – Винницкий национальный технический университет, Винница, 2013.

Диссертационная работа посвящена проблеме увеличения эффективности, улучшению организации и повышению информативности процесса тренировки и обучения стрелков принципам владения короткоствольным огнестрельным оружием путем создания методологической базы информатизации процесса тренировки и соответствующих программно-

технических средств, которые состоят из биологической и технической подсистем. Их совокупность обеспечивает реализацию цели и задач исследования.

Актуальность данной работы вызвана тем, что адекватное и эффективное использование огнестрельного оружия, особенно в экстремальных ситуациях является одним из приоритетных направлений тренировок в различных силовых структурах. Кроме того, высокая цена учебно-тренировочных стрелковых мероприятий вместе с необходимостью их регулярного проведения приводят к тому, что необходимо искать новые, более экономичные и безопасные методы, которые можно применять в массовом порядке, в том числе и для тренировки стрелков начального уровня. Специфика работы с таким классом стрелков заключается в том, что для них наиболее важной целью выступает формирование устойчивых рациональных навыков использования огнестрельного оружия – восприятие отдачи, правильность хватки, технология дыхания и т.д., что также обеспечивает разработанная биотехническая система.

В работе разработана и обоснована теоретическая база технической и организационной составляющих тренировочного процесса для стрелков различных квалификаций с использованием мультимедийных технологий и программно-технических средств. Основываясь на результатах теоретических исследований, был разработан метод имитации выстрела, особенностью которого является использование лазерного луча, который имитирует траекторию полета пули, и который базируется на двух моделях – модели исполнения выстрела на основе системы с отрицательной обратной связью и математической модели эффекта отдачи, которая позволяет прогнозировать угол отклонения оружия после выстрела. В состав разработанного метода также входит механизм оценивания качества выполнения прицеливания на основе анализа траектории движения точки прицеливания по мишени. Это дает возможность, вместе с мультимедийными технологиями и не прибегая к использованию боевых патронов, максимально приблизить работу биотехнической системы к реальным экстремальным условиям стрельбы.

Биологическая составляющая разработанной биотехнической системы состоит из нескольких уровней. На первом этапе осуществляется допуск стрелка к стрельбе – использование психодиагностических методик позволяет оценить состояние стрелка и сформировать вывод про целесообразность и возможность допуска стрелка к тренировкам. Второй этап оценивает биологические параметры стрелка непосредственно в процессе стрельбы, что позволяет определить стабильность состояния стрелка в экстремальной ситуации. Третий этап обеспечивает определение уровня тремора верхних конечностей и его влияние на результативность стрельбы конкретного стрелка.

Теоретические аспекты и положения диссертационной работы позволили осуществить разработку алгоритмически-программных и технических средств. Разработанная биотехническая система состоит из аппаратной и программной частей, совокупность которых реализуют биологическую и техническую подсистемы. Их задачей является организация стрельбы с параметрами, максимально приближенными к реальным, а также регистрация показателей выстрела в режиме реального времени.

В работе были предложены техническая реализация многоцветного универсального лазерного патрона для табельного оружия, задачей которого является имитация полета пули и указание места ее попадания в мишень. Использование лазерных излучателей различных диапазонов волн обеспечивает различные режимы тренировок и учебы, что крайне важно на начальных этапах обучения владению огнестрельным оружием.

Таким образом, разработанные программно-технические и аппаратные средства реализуют теоретические аспекты повышения эффективности и оптимизации тренировочного процесса и позволяют максимально приблизить условия тренировки к экстремальным условиям реальной стрельбы, а использование имитации выстрела с помощью лазерного луча уменьшает затраты и повышает безопасность тренировки.

В структуре работы также представлены алгоритмы для учебы и тренировки стрелков с помощью разработанной биотехнической системы, которые позволяют оптимально организовать процесс стрельбы с целью закрепления правильных и рациональных навыков выполнения выстрела по согласованному шаблону.

Внедрение и использование соответствующей биотехнической системы, разработанной на основе полученных теоретических результатов, обеспечивает повышение эффективности процесса тренировки, использование разнообразных тренировочных сюжетов и повышает интерактивность всего процесса тренировки и обучения, что позволяет стрелку влиять на сюжет в зависимости от качества его стрельбы. Практическое исследование данной биотехнической системы, которое было проведено в соответствующих охранных структурах, показало повышение учебной эффективности подготовки стрелков с ее использованием на уровне 74% по сравнению с аналогичными мультимедийными системами. Общая эффективность внедрения разработанной биотехнической системы составила 60%. Таким образом, цель, сформулированная в диссертационном исследовании, была достигнута.

Ключевые слова: биотехническая система, огнестрельное оружие, метод имитации выстрела, тренировки стрелков, качество выстрела, траектория прицеливания.

### ABSTRACT

**Kostishyn S.V. The biotechnical system for training and uses skills evaluating of firearms. – A manuscript.**

The dissertation for reaching scientific degree of Cand. Tech. Sci on specialty 05.11.17 - biological and medical devices and systems. – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2013.

The theoretical framework of the training process riflemen different qualifications using multimedia technologies and software and hardware were developed in this dissertation work. Theoretical studies were provided the basis for the next practical works –simulations the shot. The method of simulating the shot based on multiple, developed by the authors, models. The first model is model of execution shot, which based on system with negative feedback. The second model is mathematical model of recoil effect, which allows to predict the angle of weapons after firing. Another theoretical element is mechanism of performance evaluation aiming by analyzing the trajectory of the aiming point on the target. Software and hardware that implements the theoretical aspects of the training process optimization, allow to approximate the training conditions to extreme conditions of real shooting.

The using of biotechnical system that was developed based on the theoretical results, provides a high diversity of training process. In turn, the interactivity of process allows shooters to influence the process depending on the quality of his firing. Practical implementation of the biotechnical system, which was conducted in the relevant structures, showed improvement of effectiveness of the shooters preparation at 74% in comparison with similar systems.

Keywords: bioengineering system, firearms, method of simulating shooting, training riflemen, quality shot, trajectory of aiming .

Підписано до друку 4.03.2013 р.  
Формат 21×29.7<sup>1/4</sup>. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний.  
Наклад 110 прим. Зам. № 57573

Віддруковано ПП «ТД «Едельвейс і К»  
м. Вінниця, вул. 600-річчя, 17  
Тел. (0432) 55-03-33  
Свідoctво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3736 від 17.03.2010 р.