

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

На правах рукопису

БЕЛЗЕЦЬКИЙ РУСЛАН СТАНІСЛАВОВИЧ

УДК 53.08:355.4

**БІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ
ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ БІЙЦІВ СПЕЦПІДРОЗДІЛІВ**

Спеціальність 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник:
Злепко Сергій Макарович
доктор технічних наук, професор

Вінниця – 2011

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ (ФС) БІЙЦІВ СПЕЦПІДРОЗДІЛІВ	13
1.1 Поняття екстремального оперативного контакту (ЕОК) і готовності бійців спецпідрозділів до дій в екстремальних умовах	13
1.2 Психофізіологічне забезпечення діяльності та моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів в екстремальних умовах.....	19
1.3 Інформаційні технології, системи і прилади для діагностики функціонального і психологічного стану людини.....	28
1.4 Висновки до розділу 1	44
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ МОНІТОРИНГУ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ І МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ БІЙЦІВ СПЕЦПІДРОЗДІЛІВ НА ЕТАПІ ЕКСТРЕМАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО КОНТАКТУ	45
2.1 Відбір і комплектування спецпідрозділів для дії в умовах екстремального оперативного контакту із цивільним населенням	45
2.2 Моделювання психології поведінки спецпідрозділу в умовах екстремального оперативного контролю.....	55
2.2.1 Інформаційно-логічна модель психології поведінки спецпідрозділу	56
2.2.2 Ідентифікація психоемоційного стану бійців спецпідрозділу як елемент зворотного зв'язку	62
2.2.3 Математична модель опису діяльності бійців у складі спецпідрозділу	66
2.3 Розроблення методу моніторингу психоемоційного стану бійців при управлінні спецпідрозділом	70

2.4 Вибір та обґрунтування інформаційних ознак і структурно-функціональна організація системи дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів	76
2.5 Висновки до розділу 2	83

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ БІЙЦІВ

84

3.1 Розроблення морфологічної моделі біотехнічної системи дистанційного моніторингу.....	84
3.2 Формування вимог до біотехнічної системи дистанційного моніторингу	86
3.3 Розроблення технічного і програмного забезпечення БТС-М ФС.....	91
3.3.1 Синтез елементної бази для первинних перетворювачів біомедичної інформації	91
3.3.1.1 Обґрунтування вибору датчика температури	91
3.3.1.2 Обґрунтування вибору датчика фотоплетизмограми та пульсоксиметрії	92
3.3.1.3 Обґрунтування вибору схмотехнічних рішень та елементної бази для первинних датчиків і перетворювачів біомедичної інформації	98
3.3.1.4 Обґрунтування вибору датчика шкірно-гальванічної реакції	101
3.4. Розроблення програмного забезпечення БТС-М ФС	105
3.4.1 Вимоги до обчислювального комплексу (стаціонарної частини).....	105
3.4.2 Вибір середовища розроблення програмного забезпечення.....	105
3.4.3 Інструкція розробника програмного забезпечення.....	106
3.5 Програмно-апаратний комплекс БТС-М ФС	109
3.6 Висновки до розділу 3	114

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ БІЙЦІВ	115
4.1 Оцінка ефективності методу для визначення діяльності спецпідрозділу	115
4.2 Порівняльний аналіз розробленої системи та існуючих аналогів	120
4.3 Експертне оцінювання розробленої системи	127
4.4 Висновки до розділу 4	140
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	141
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	144
ДОДАТКИ.....	157
Додаток А Акти впровадження результатів дисертаційної роботи	158
Додаток Б Схема електрична принципова системи дистанційного моніторингу функціонального стану людини	162
Додаток В Результати експериментальних випробування системи дистанційного моніторингу ФС	165
Додаток Д Анкетні дані експертного опитування лікарів	167
Додаток Е Анкетні дані експертного опитування офіцерів спецпідрозділів ..	185
Додаток Ж Лістинг програмного коду дата-модуля Dm_Main.pas.....	195
Додаток К Лістинг програмного коду модуля головної форми Main.pas	197
Додаток Л Лістинг програмного коду модуля EditRec.pas.....	206
Додаток М Лістинг програмного коду фрейм-модуля Pnl_frame.pas.....	210

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АСКВП – Автоматизована система комплектування військових підрозділів
- БД – База даних
- БЗЗ – Біологічний зворотній зв'язок
- БПОПР – Блок первинної обробки й прийняття рішення
- БПР – Блок первинної реєстрації
- БТС–М – Біотехнічна система моніторингу
- ДВЦ – Діагностико-відновлювальний центр
- ДКА – Детермінований скінченний автомат
- ДККФС – Дистанційний комплекс контролю функціонального стану
- ДТНС – Датчик температури навколишнього середовища
- ДТТ – Датчик температури тіла
- ЕАШ – Електрична активність шкіри
- ЕОК – Екстремальний оперативний контакт
- ЕШО – Електрошкірний опір
- МПЕПФС – Моніторинг психоемоційного та психофізіологічного стану
- МРД – Моніторинг робочої діяльності
- ОВС – Органи внутрішніх справ
- ОФС – Обробка фізіологічних сигналів
- ПАК – Програмно-апаратний комплекс
- ПДЛ – Пристрій доплерівської локації
- ППФГ – Професійна психофізіологічна готовність
- ПФС – Психофізіологічна сумісність
- ПЦГ – Параметри центральної гемодинаміки
- РКІ – Реєстрація кардіоінтервалів
- РЦК – Регіональні центри комплектування
- СППО – Система підтримки працездатності оператора
- СУБД – Система управління базою даних
- ТСКБО – Телеметрична система контролю бадьорості оператора
- ФАР – Фазова антенна решітка

ФПГ – Фотоплетизмограма

ФС – Функціональний стан

ЦМ – Цілодобовий монітор

ЧСС – Частота серцевих скорочень

ШГР – Шкірно-гальванічна реакція

ВСТУП

Актуальність теми

Сучасний стан розвитку технології ведення бою та проведення бойових операцій із застосуванням спеціалізованих систем моніторингу функціонального стану бійців вимагає розроблення нових підходів до процесу контролю їх психофізіологічного і психоемоційного стану з використанням зворотного зв'язку, який дозволяє ідентифікувати психоемоційний стан бійця за допомогою фізіологічних параметрів.

Під час проведення бойової операції на бійця діє велика кількість факторів ендогенного та екзогенного походження, внаслідок чого не прогнозовано змінюються його психофізіологічні і функціональні характеристики. Це є причиною того, що керівник операції (в якості якого не завжди виступає командир підрозділу) під час її проведення орієнтується не на реальний стан і можливості бійця, а на свої власні уявлення про нього.

Такий стан речей приводить до того, що керівник операції отримує недостовірну інформацію щодо реального функціонального стану і можливостей як окремих бійців, так і підрозділу в цілому і, що в кінцевому результаті веде до зриву поставленого завдання, невиконання наказу та до людських жертв.

Вирішити існуючу проблему можна шляхом створення спеціалізованих програмно-апаратних комплексів як загального, так і індивідуального застосування, що використовують психофізіологічний моніторинг функціонального стану бійців в процесі проведення бойової операції.

Саме вирішення такої проблеми висвітлюється в цій дисертаційній роботі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота виконувалась в межах і згідно з планами науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України в рамках держбюджетної НДР 30-Д-289 «Створення автоматизованих діагностичних систем для оцінювання функціонального стану людини» (номер держреєстрації 01058U002421) і держбюджетної НДР 30-Д-313 «Створення інформаційних

технологій для оцінювання стану і визначення індексу здоров'я людини» (номер держреєстрації 0108U00056), в яких здобувач працював виконавцем.

Мета і задачі дослідження – підвищення ефективності діяльності спецпідрозділу в умовах оперативного екстремального контакту шляхом створення методу і біотехнічної системи для дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих методів і засобів моніторингу та управління функціональним станом людини в екстремальних умовах;
- побудувати інформаційно-структурні моделі конфліктної ситуації та психології поведінки в ній підрозділу;
- запропонувати адаптивну модель психологічного тестування бійців спецпідрозділів;
- розробити метод моніторингу психоемоційного стану бійців спецпідрозділів;
- розробити структурну схему біотехнічної системи для дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів;
- запропонувати схемотехнічну і конструктивну реалізацію блока первинної реєстрації та обробки фізіологічних сигналів;
- провести експериментальні дослідження розробленої біотехнічної системи та оцінити її вплив на ефективність діяльності спецпідрозділу.

Об'єкт дослідження – процес дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів.

Предмет дослідження – показники процесу і біотехнічна система для дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів.

Методи дослідження

У дисертаційній роботі для отримання основних результатів було застосовано: методи системного аналізу – при опрацюванні літературних джерел та визначені значимих показників для моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів; теорію біотехнічних систем – для розробки діагностичної системи та окремих її складових; математичне моделювання і математичну

статистику – при створенні статистичної моделі визначення психологічної сумісності військового колективу; експертні методи – при оцінюванні значущості фізіологічних показників, через які об'єктивно проявляється психоемоційний стан людини; основи синтезу – при проектуванні структурних схем системи дистанційного моніторингу функціонального стану людини; теорію інформаційно-вимірювальних систем – при розробці вимірювального каналу системи; комп'ютерну обробку інформації та елементи нечіткої логіки при створенні бази даних та знань; елементи теорії автоматичного керування – при розробці автоматичної системи; психологічні методики – при розробці методу оцінювання психологічної сумісності військового колективу.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Вперше запропоновано метод моніторингу психоемоційного стану бійців спецпідрозділів, новизною якого є введення двонаправленого зворотного зв'язку між бійцем і командиром, який забезпечує визначення та прогнозування поведінки бійців за допомогою ідентифікації їхніх психофізіологічних характеристик, що підвищує ефективність управління бойовою операцією, а в разі необхідності – дозволяє здійснити оперативне переформування складу спецпідрозділів адекватно до нової ситуації.

2. Удосконалено існуючу інформаційно-структурну модель конфліктної ситуації в частині визначення за результатами аналізу структури конфлікту не тільки можливих наслідків її вирішення, а і формування шляхів і способів її усунення, що суттєво зменшує можливі негативні наслідки конфлікту.

3. Отримала подальший розвиток інформаційно-структурна модель психології поведінки спецпідрозділу в частині регулювання його професійної діяльності в умовах невизначеності ситуації та оцінювання психологічного клімату, який встановлюється в результаті дії психологічних механізмів.

4. Отримала подальший розвиток структурно-функціональна організація біотехнічної системи для дистанційного моніторингу психоемоційного стану бійців спецпідрозділів в частині введення двонаправленого зворотного зв'язку, що забезпечує безперервний інформаційний процес оцінювання та управління бойовою операцією.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено узагальнений алгоритм психологічного відбору бійців спецпідрозділів за тестом «Визначення типу особистості», який, на відміну від існуючих, забезпечує їхнє ранжування за ознакою функціональної напруги на три групи на етапі відбору до спецпідрозділу і періодичного контролю їхнього функціонального стану.

2. Запропоновано схемотехнічну і конструктивну реалізацію носимого блока первинної реєстрації та обробки фізіологічних сигналів у вигляді браслета, в якому розташовані датчики фотоплетизмограми, шкірно-гальванічної реакції, температури та блок мікроконтролера з GPS приймачем, прийомопередавачем, мікроконтролером та елементами живлення, що забезпечує постійний моніторинг відповідних фізіологічних характеристик під час проведення бойової операції.

3. В розробленні і впровадженні біотехнічної системи для дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів.

Наукові результати дисертаційної роботи, отримані під час виконання дисертаційної роботи, зокрема метод і біотехнічна система дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів впроваджено у Центрі практичної психології при Управлінні Міністерства внутрішніх справ України у Вінницькій області (акт від 14.09.2011 р.), у Вінницькій філії Державного підприємства Український НДІ медицини транспорту МОЗ України (Співпрацюючий центр ВООЗ), (акт від 29.08.2011 р.), а також у навчальний процес кафедри проектування медико-біологічної апаратури Вінницького національного технічного університету (акт від 20.06.2011 р.).

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

Особистий внесок здобувача в працях, написаних у співавторстві, полягає в наступному.

У роботі [12] розроблено схему організації отримання, обробки інформації та прийняття рішень в процесі управління бойовою операцією. Запропоновано систему інформаційних комунікацій для прогнозування рівня ефективності

виконання бійцями спецпідрозділу бойового завдання та систему управління операцією для командира; в [13] виділено клас сценаріїв діяльності спецпідрозділів Розроблена структурна схема організації діяльності спецпідрозділу в умовах проведення операції із використанням моніторингу психоемоційного стану бійців; у [27] обґрунтовано межі зміни показників функціонального стану; в [28] запропоновано концепцію відбору кандидатів на військову службу в спецпідрозділи; у [37] розділ 4 написано самостійно, де розроблено математичне підґрунтя процесу відбору кандидатів на службу за контрактом в ЗСУ; в [39] запропоновано типологію поведінки людини при реакції на стрес; у [41] розроблено модель для опису діяльності бійців спецпідрозділу, на основі використання детермінованих кінцевих автоматів запропоновано алгоритм для комплектування бойових груп; в [48] розглянуто методи оброблення біосигналів в біомедичних системах; у [54] розроблено структурну схему системи дистанційного контролю функціонального стану людини на базі сігма-дельта аналого-цифрового перетворювача; в [55] запропоновано реалізацію системи з використанням сігма-дельта аналого-цифрового перетворювача; у [56] обґрунтовано вимоги і розроблено базову структурну схему інформаційної системи дистанційного моніторингу за станом здоров'я людини; в [57] розроблено програмно-апаратний комплекс для забезпечення зворотного зв'язку в процесі управління спецпідрозділом, розроблено раціональну структуру програмного комплексу для його оптимального функціонування в умовах бойової операції; у [58] запропоновано методикку дистанційного управління функціональним станом людини; в [59] запропоновано ієрархічне структурування бази знань; у [68, 69] розроблено базу знань на основі Байєсовської експертної системи; в [77] розділ 4 написано самостійно; у [95] запропоновано спосіб зворотного зв'язку при управлінні спецпідрозділом.

Усі дослідження, результати яких використано у дисертаційній роботі, проводились у Вінницькому національному технічному університеті.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати роботи доповідались і обговорювались на Міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях: V Міжнародній науково-практичній конференції з високих технологій і фундаментальних досліджень

«Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (Санкт-Петербург, 2008 г.); IV міжнародній науково-технічній конференції «Фотоніка-ОДС-2008» (Вінниця, 2008 р.); VI міжнародній конференції «Інтернет-освіта-наука – 2008» (Вінниця, 2008 р.); IX міжнародній науково-технічній конференції «КУСС – 2008» (Вінниця, 2008 р.); IV і V Міжнародних конференціях «СПРТП-2009» і «СПРТП-2011» (Вінниця, 2009, 2011 рр.); I Всеукраїнському з'їзді «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» з міжнародною участю (Київ, 2010); а також на XXXVII, XXXVIII, XXXIX щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького національного технічного університету (2008—2011 рр.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 19 наукових праць, в тому числі: 2 монографії; 8 статей у фахових наукових виданнях та збірниках наукових праць, 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, список використаних джерел і дев'ять додатків. Загальний обсяг роботи становить 212 сторінок, з яких основний зміст викладений на 143 сторінках друкованого тексту, містить 44 рисунки, 24 таблиці. Список використаних джерел нараховує 108 найменувань. Додатки містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи, результати експертного опитування лікарів та військових, фрагменти програмного коду.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ БІЙЦІВ СПЕЦПІДРОЗДІЛІВ

1.1 Поняття екстремального оперативного контакту (ЕОК) і готовності бійців спецпідрозділів до дій в екстремальних умовах

Сучасними науковими дослідженнями доведено, що будь-яка діяльність різних служб органів внутрішніх справ висуває однаково високі вимоги як до особистих якостей, так і до професійної майстерності працівників ОВС.

Проблема психофізіологічного забезпечення діяльності працівників міліції в екстремальних умовах останнім часом займає важливе місце серед інших завдань забезпечення професійної діяльності органів внутрішніх справ.

Поняття екстремальної ситуації розглядалось багатьма вченими. Психологічні чинники, що спричиняють екстремальність в професійному спілкуванні працівників ОВС, дослідили в своєму монографічному дослідженні група українських вчених в 2002 році [1]. В цьому дослідженні визначено, що екстремальні ситуації це несприятливий, складний стан умов людської життєдіяльності, що набув для окремої особи, чи групи осіб особливої значимості. В екстремальних умовах порушується звичайний режим праці і відпочинку людини.

Проблеми підтримки рівня готовності до дії в екстремальних та аварійних ситуаціях вивчалися Б. Ф. Ломовим [2].

Сучасна психологія найчастіше визначає пильність як стан готовності до екстреної дії на сигнал, час знаходження якого не визначено. Дослідження Л. С. Нерсеяна і В. Н. Пушкіна довели, що: 1) пильність має здатність коливатися протягом монотонної роботи; 2) середній рівень готовності досліджуваного за умов певного психологічного експерименту характеризують більш-менш широкі коливання; 3) у відповідній смузї коливання готовності до дії переривається різким падінням пильності (критична точка).

На сьогодні розроблюються методи виявлення психологічної структури та особливостей стану готовності до дії, які можуть бути отримані при вивченні

пильності. Проте спосіб оцінювання пильності можливо застосовувати лише тоді, коли не висувається завдання точного оцінювання рівня готовності до дії певної людини. Якщо цей рівень необхідно виміряти точно, оцінювання в абсолютних одиницях часу є не придатним. Каменем спотикання виступають суттєві відмінності в руховій реакції людей. Одна людина може бути менш пильною, але за наявності індивідуальних особливостей мотивації зможе відреагувати швидше, інша – більш пильною, але за цих умов зреагувала повільніше в силу індивідуальних особливостей і стану реактивно-моторної сфери. Різні швидкості відповіді на поставлене запитання можуть, навпаки, виявитися наслідком однакового рівня готовності. Отже, час не є придатним критерієм для вимірювання пильності як стану готовності до дії, проте він є необхідним компонентом відносного вимірювання пильності. Відносна міра може бути представлена у вигляді дробу, де чисельник – середній час реакції, сталий для певної людини, а знаменник – час відповіді на виробничий сигнал [2].

Як бачимо, існують три компоненти психологічної структури пильності:

1) послідовність рухів, з яких складається дія (проявляється в правильності виконання необхідних трудових дій);

2) загальний рівень психофізіологічної регуляції (проявляється в динаміці коефіцієнта настанови на працю, тобто кривій пильності);

3) власна психологічна спрямованість людини на підтримку готовності до дії (проявляється в різниці між рівнями реакцій на попереджувальні сигнали і сигнали без попередження). Пильність проявляється не лише у формі готовності, а й у психічному стані очікування ймовірного настання якихось подій (певний рівень загальної активації організму та нервової системи, підвищена увага внаслідок мотивації та вольових зусиль), а також постійності ознак діяльності людини.

Спроможність використовувати власний досвід у нетипових умовах також впливає на готовність. Через це особливо показовими є експерименти, які виявляють спроможність людини оцінювати, з огляду на власний досвід, можливі характеристики майбутніх подій. Наприклад, коли учаснику експерименту подаються сигнали з різною частотою, його завданням є оптимізувати свою поведінку, навчившись прогнозувати появу того чи іншого сигналу, тобто

змоделювати життєву ситуацію, в результаті чого здійснюється аналіз прогнозованих здібностей.

Для професій, де потрібна підвищена пильність, зростає значення критичної точки, оскільки вона є внутрішнім чинником можливості виникнення екстремальної ситуації, тобто якщо екстремальна ситуація виникає в момент, коли пильність людини знаходиться в найнижчій точці, він не встигає вжити заходів і запобігти її виникненню [2].

Поняття «екстремальна ситуація» охоплює несприятливі для життєдіяльності, граничні, крайні значення таких елементів ситуації, що вимагають мобілізації адаптивних ресурсів людини [3].

При характеристиці цих ситуацій часто можна зустріти такі визначення: «складні», «тяжкі», «особливі», «емоціогенні», «критичні», «аварійні», «надзвичайні», «стресогенні», «надекстремальні», «гіперстресові» тощо. А йдеться найчастіше про одне – особливості стресорів. Екстремальність розглядається як характеристика впливу на людину стрес-факторів діяльності та її умов. Тут виокремлюються як дуже інтенсивні стрес-впливи, так і слабо інтенсивні (не існування чи обмежена кількість зовнішніх подразників) [3, 4].

До екстремальних умов належать також температурні, барометричні впливи, гіпоксія, гіподинамія, нерегулярність появи стимулу, монотонність, опрацювання величезних потоків інформації в обмежений час, брак інформації, необхідної для виконання тих чи інших дій, високий темп роботи, дефіцит часу тощо.

Загальна особливість розглянутих факторів полягає в тому, що вони перевищують діапазон оптимальних впливів і тим самим додають ситуації якість екстремальності [3].

В. Лебедев [5] вважає, що звичайні умови відрізняються від екстремальних ситуаціями, у яких під впливом психогенних факторів сформовані психофізіологічні й соціально-психологічні механізми, які більше не можуть забезпечувати адекватне відображення і регуляторну людську діяльність. У результаті цього руйнується «адаптаційний бар'єр» і настає психічна дезадаптація.

Отже, за базове поняття терміну «екстремальна ситуація» приймаємо таке: екстремальна ситуація – це несприятливі для життєдіяльності, граничні, крайні значення тих елементів діяльності чи її умов, що вимагають мобілізації адаптивних здібностей людини, недостатній розвиток яких може призвести до посттравматичного стресу, адаптаційного розладу особистості або ж до дезадаптивних, деструктивних форм кризового реагування (алкоголізм, суїцид, наркоманія тощо).

Серед стрес-факторів, що створюють екстремальність діяльності, можна виокремити такі:

- кліматичні: температура, гіпоксія, барометричні впливи, магнітні бурі, спека, холод, вологість, киснева недостатність, підвищений вміст вуглекислого газу;
- технічні: радіочастоти, шуми, вібрації, магнітні випромінювання;
- фізіологічні: нерухомість, гіподинамія, хвороба, травми;
- ергономічні: робота вночі; режим, що перевищує денні й тижневі ергономічні норми;
- психологічні: інформаційна невизначеність, раптовість впливу, неочікуваність стимулу, підвищена відповідальність, одноманітність дій, небезпека для життя і здоров'я, дефіцит часу й інформації, напружені стосунки в колективі, невизначеність, складність завдання, наявність перешкод, високий темп роботи (висока оперативність), новизна, незвичайність завдання;
- надзвичайні обставини: небезпека для життя і здоров'я; смерть колег, близьких, рідних.

Що стосується поняття «надзвичайна ситуація», то в тлумачних словниках слово «надзвичайний» трактується як «винятковий, дуже великий». Словосполучення «надзвичайна ситуація» визначає небезпечні події чи явища, що і призводять до порушення безпеки життєдіяльності. Це – обстановка на певній території, що склалася в результаті аварії, небезпечного природного явища, катастрофи, стихійного чи іншого нещастя, терористичного акту з людськими жертвами, завдання шкоди здоров'ю, значні матеріальні втрати, порушення умов життєдіяльності.

Надзвичайними ситуаціями називають обставини, що виникають у результаті природних стихійних лих, аварій і катастроф техногенного чи екологічного походження, які викликають різке відхилення від норми життєдіяльності людей, економіки, соціальної чи природної сфери. Внаслідок цього інтенсивність впливу на людину зовнішніх і внутрішніх умов збільшується настільки, що викликає зміни в її стані, які можна розглядати як один з критеріїв екстремальності ситуації.

Об'єктивні умови, що склалися в результаті аварії, небезпечного природного явища, катастрофи, стихійного лиха, терористичного акту, закономірно розглядати як надзвичайні.

Різниця між екстремальними і надзвичайними ситуаціями полягає в інтенсивності зовнішнього впливу на людину. У надзвичайних ситуаціях завжди існує небезпека для життя й здоров'я, що позначається на інтенсивності стресової реакції.

Стани людини в екстремальних ситуаціях можуть бути адаптивними, неадаптивними і дезадаптивними. При адаптивних станах людина може ефективно виконувати свої функції при оптимальному рівні здоров'я. Для неадаптивних станів характерне тимчасове зниження ефективності соціального й професійного функціонування, погіршення фізичного самопочуття, тимчасова дисфункція деяких психофізіологічних функцій. При дезадаптивних станах виконання діяльності стає неможливим, а стан вимагає активного корегування та реабілітаційного втручання [3].

Відомо, що в багатьох випадках співробітники, що пройшли гарну «силову» підготовку в спеціальних групах не можуть виконати свої обов'язки в реальних практичних умовах, що обумовлено відсутністю навиків. Велика кількість інструкторів не може зрозуміти, через відсутність теоретичної (наукової) підготовки, той факт, що формування навичок досить складний процес, який йде у відповідності із своїми законами й циклами.

Розрізняють такі навички: 1) рухові; 2) розумові; 3) сенсорні; 4) поведінкові. Рухові навички дають можливість співробітникові звільнитися від свідомого контролю кожної фази, кожного моменту руху й перемикати цей контроль на паралельне вирішення більш складних завдань, наприклад, тактичних [6].

Формування рухових навичок йде стрибкоподібно і настають періоди, коли успіхів немає. В такому випадку прийнято говорити про «плато». Причин такого плато може бути багато.

Відомо, що психомоторне тренування не мислиме без психічного відображення й регуляції рухів. Рухова успішність співробітника залежить від того, наскільки він здатний не тільки будувати образи рухів, але й перебудовувати їх залежно від умов і завдання дії. Психічне відображення, при цьому, містить у собі: 1) сприйняття рухів, 2) їхнє осмислювання, 3) запам'ятовування й оволодіння ними [5].

Найважливішим фактором активності сприйняття рухів є процес уваги. Увага – процес двосторонній, являє собою організовану цілеспрямовану й сфокусовану активність, що має сенсорну задачу, суть якої спрямована на предметну властивість рухів.

Вибірковість уваги – її центральний феномен. Вона перетворюється в оперування якимось певним змістом відображення, елементом цілісності.

Психічне відображення – це двосторонній обмін інформацією в процесі регулювання рухів, коли одна сторона пов'язана з формуванням суті відображення, а інша – зі зворотним процесом втілення свідомості в систему рухів.

Крім м'язової сенсорної системи беруть участь у регуляції рухів і інші системи. Зір дає нам можливість відобразити простір рухів і відношення, що складаються в ньому, слух відображає тимчасову послідовність – ритм рухів, а дотик, тиск тісно пов'язані з м'язовими відчуттями.

У процесі тренування вдосконалюються всі сенсорні системи для того, щоб навчити органи руху й пізнання активно будувати оптимальні траєкторії свого переміщення згідно зі своїми анатомо-фізіологічними можливостями, використати свої м'язи одночасно як вимірники простору, часу й фізичних зусиль.

Важливим фактором в успішності рухових дій є антиципація, здатність передбачати майбутні ситуації для здійснення відповідних дій у відповідь. У таких випадках ціль часто формується в умовах ліміту часу й відразу переходить у процес здійснення мети.

Б. Ф. Ломовим і Е. Н. Сурковим розроблено теорію рівневої побудови антиципації в діяльності людини. Її суть зводиться до того, що антиципація розглядається, як здатність діяти й приймати ті або інші рішення з певним попередженням у відношенні очікуваних майбутніх подій [7].

1.2 Психофізіологічне забезпечення діяльності та моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів в екстремальних умовах

Психофізіологічне забезпечення діяльності бійців спецпідрозділів в екстремальних ситуаціях це цілісна система, основними рівнями якої є: соціально-психологічний; психологічний; психофізіологічний.

Психофізіологічне забезпечення – це система соціально-психологічних, психологічних і психофізіологічних заходів, спрямованих на оцінку і прогнозування адаптації, індивідуальної і групової надійності, безпеки діяльності в екстремальних ситуаціях, психопрофілактику і психокорекцію не адаптивних психічних і психофізіологічних станів з метою оптимального використання індивідуальних адаптивних ресурсів і здібностей для підвищення ефективності діяльності, збереження і відновлення психічного й соматичного здоров'я. Це система оперативного й адекватного використання сучасних досягнень і можливостей різних теоретичних і прикладних галузей психології (загальної, соціальної, медичної, юридичної, військової, психології діяльності в особливих умовах, психофізіології) для забезпечення діяльності в екстремальних умовах [3].

Система психологічного забезпечення діяльності включає такі основні підсистеми (блоки):

Професійно-психологічний відбір кадрів для діяльності в екстремальних умовах.

Психологічне забезпечення професійної адаптації в умовах стресу.

Психологічна підготовка до діяльності в екстремальних ситуаціях.

Психологічний супровід в екстремальних ситуаціях.

Психологічна допомога (у тому числі й екстрена) в екстремальних умовах діяльності.

Психологічна реабілітація співробітників після їх участі в діях, пов'язаних з професійним ризиком і небезпекою.

Проблема професійного психофізіологічного відбору є однією з головних у системі психофізіологічного забезпечення діяльності в екстремальних умовах. Її ефективне вирішення багато в чому визначає підвищення надійності діяльності, зниження травматизму, оптимізацію процесу адаптації, зниження плинності фахівців на етапі навчання, психопрофілактику професійного стресу тощо.

Професійний психологічний відбір полягає в проведенні комплексу заходів, що дозволяють виявити осіб, які за своїми психофізіологічними та психологічними якостями придатні для діяльності в екстремальних ситуаціях. Головне завдання психологічного відбору – оцінка професійної придатності кандидата і довгостроковий прогноз успішності адаптації та ефективності його діяльності в екстремальних умовах [3, 4, 8].

Психологічне забезпечення професійної адаптації в екстремальних ситуаціях – це система соціально-психологічних, психологічних і психофізіологічних заходів, спрямованих на оптимізацію процесу адаптації в екстремальних умовах, розвиток адаптивних здібностей до стресу, психопрофілактику професійного стресу, психокорекцію неадаптивних і дезадаптивних станів.

Серед основних завдань психологічного забезпечення адаптації в екстремальних умовах, як вважає В. І. Розов [3], можна виокремити такі:

1. Визначення й оцінка адаптивних здібностей до стресу.
2. Моніторинг станів, що виникають в екстремальних умовах, формування навичок довірливої адаптивної саморегуляції.
3. Моніторинг соціально-психологічного клімату в групі й заходи щодо його оптимізації. Оцінка соціально-психологічної, психологічної і психофізіологічної сумісності. Діагностика конфліктогенності й конфліктостійкості співробітників.
4. Психологічна робота з неадаптивними і дезадаптивними проявами (станами, поведінкою). Виявлення осіб з неадаптивною і дезадаптивною поведінкою й вжиття заходів щодо їх успішної адаптації.

5. Розробка комплексних цільових програм адаптації до конкретних екстремальних умов діяльності.

Недостатність адаптивних здібностей може бути компенсована ефективною психологічною підготовкою до дій в умовах професійного стресу [9, 10].

Психологічна підготовка до діяльності в екстремальних ситуаціях, оцінка й прогнозування готовності до дій в умовах професійного стресу й ризику є одним з пріоритетних напрямів психологічного забезпечення.

В [3] психологічний супровід розглядається як особлива форма здійснення пролонгованої соціально-психологічної, психологічної і психофізіологічної підтримки – патронажу. Супровід припускає не «виправлення недоліків і переробку», а пошук, активізацію й мобілізацію латентних адаптивних ресурсів і можливостей людини для подолання надзвичайних обставин. Супровід доцільно здійснювати тільки в умовах інтенсивної та постійної дії стрес-факторів.

Ключовим елементом психологічного супроводу є соціальна підтримка, яка може бути інструментальною й емоційною. Емоційна підтримка дозволяє висловити важкі емоції й почуття. Інструментальна – забезпечити інформаційну підказку щодо способів подолання стресової ситуації. Соціальна підтримка є важливим чинником розвитку адаптивних здібностей до стресу, а здатність встановлювати підтримуючі стосунки – одним із структурних компонентів адаптивності до стресу.

Згідно з концепцією адаптивності, супровід має на меті мобілізацію адаптивних здібностей, а саме: здібностей управління психофізіологічними станами; управління сном і сновидіннями; конструктивного й адаптивного мислення; самоорганізації часу життя; встановлення підтримуючих відносин; упевненої самостверджувальної поведінки; управління фізіологічними функціями й підтримки оптимального фізичного стану [11].

Отже, психологічний супровід в екстремальних і надзвичайних ситуаціях – це система соціально-психологічних, психологічних і психофізіологічних заходів, спрямованих на оперативний контроль, моніторинг, регуляцію й оптимізацію неадаптивних психічних і психофізіологічних станів, мобілізацію адаптивних здібностей до стресу.

Моніторинг функціонального стану бійців спецпідрозділів в процесі виконання професійних обов'язків доцільно розглядати як вирішення задач виявлення і класифікації критичних станів в організмі людини. В такій постановці задачі система моніторингу представляє собою складну ієрархічну систему з елементами штучного інтелекту, кожний рівень ієрархії якої виконує конкретну задачу по збирання та оброблення поточної інформації.

Найбільш розробленим рівнем зазначеної ієрархії є перший, який визначають як рівень реєстрації і відображення інформації. В той же час, на другому рівні існує низка проблем, вирішення яких є досить актуальною.

1. Розроблення і дослідження методів неінвазивного вимірювання фізіологічних показників.

2. Розроблення нових та удосконалення існуючих датчиків і перетворювачів біомедичних сигналів, які мають високий рівень завадостійкості, комфортності, надійності реєстрації біосигналів і відповідають найжорсткішим вимогам електробезпеки. Особливо це стосується розроблення безпроводних датчиків, що використовують радіоканали для зв'язку з основною апаратурою.

3. Удосконалення вхідних блоків апаратури, що передбачає, перш за все створення прецезійних підсилювачів з кодокерованими параметрами.

Другий рівень ієрархії забезпечує первинне оброблення біосигналів, отриманих з першого рівня.

Наступні вищі рівні ієрархії пов'язані із задачами медичної діагностики і прогнозування. В технічному плані інтелектуальні можливості реалізуються через відповідні комп'ютери, що є складовими ієрархічних мережевих систем моніторингу.

Основне завдання вищих рівнів ієрархії – це медична діагностика, яка здійснюється в декілька етапів: I – класифікація станів, II – навчання діагностичним правилам, III – практична діяльність та прийняття рішення, IV – прогнозування стану.

Щодо завдань, які вирішуються в цій дисертаційній роботі, задача діагностування полягає в класифікації бійців спецпідрозділів на три класи за рівнем адаптації, мотивації, концентрації, акцентуації на виконання наказу.

Під час проведення бойової операції на бійця діє велика кількість факторів ендогенного та екзогенного походження, внаслідок чого не прогнозованим чином змінюються його функціональні характеристики. Це є причиною того, що керівник операції (в якості якого не завжди виступає командир підрозділу) під час операції орієнтується не на реальний стан та реальні можливості бійця, а на свої власні уявлення про них [12].

Таким чином, має місце отримання керівником операції недостовірної інформації щодо фактичного стану та реальних можливостей окремих бійців і бойового підрозділу в цілому.

Під час бою керівник операції (командир підрозділу тощо) повинен мати достовірну інформацію про можливості та готовність бійців до виконання поставленої задачі. Це можливо тільки за наявності каналу зворотного зв'язку від бійця до командира, причому зворотний зв'язок повинен забезпечувати командира всією необхідною інформацією.

Одним із основних каналів зворотного зв'язку слугує радіотелефонний зв'язок між командиром та бійцями [13] за допомогою переговорних пристроїв.

Принциповими недоліками такого каналу зворотного зв'язку є:

- 1) недостовірність інформації (боєць в бойовій обстановці, зазвичай, не може адекватно оцінити свій стан);
- 2) використання індивідуальної мови (боєць використовує свої характерні слова, які командир може тлумачити по-іншому (інакше));
- 3) велика частина інформації у ході розмови передається не через лінгвістичний канал (емоційне забарвлення мови втрачається внаслідок сторонніх завад);
- 4) керуючи групою бійців, яка складається з більш як семи осіб, командир не в стані ідентифікувати приналежність голосу певному бійцю.

Внаслідок зазначених вище причин сьогодні стрімко нарощується впровадження більш потужних каналів зворотного зв'язку для отримання об'єктивних даних. Наприклад, такі задачі розв'язуються для механізованих підрозділів [14], де розробляються системи бездротових мереж передачі даних. На рівні організації управління великими військовими об'єднаннями розробляються питання автоматизації процесу прийняття рішення командиром операції із

застосуванням інформаційно-моделюючого середовища [15]. Також у зв'язку із зростанням потреби в обробленні великих масивів даних розпочато дослідження щодо оптимізації процесу підготовки операторів — передусім у механізованих та танкових підрозділах Збройних Сил [16].

В діяльності співробітників ризико-небезпечних професій методами психофізіологічної саморегуляції можна розв'язувати такі задачі: профілактику небажаних психічних станів, вчасну розрядку надлишкової емоційної напруженості, стресових реакцій, екстреної мобілізації вольових ресурсів, створення стану високої боєспроможності [17].

Для вирішення низки цих питань необхідно організувати зворотний зв'язок, який дозволить ідентифікувати психоемоційний стан бійця за допомогою фізіологічних параметрів. При цьому подання інформації можна організувати у візуальному вигляді: за допомогою діаграм різного роду, блок-схем, графіків тощо, що різко підвищує пропускну здатність сприйняття інформації командиром, переводячи її із вербального у зоровий канал.

Важливою обставиною є те, що при цьому можуть використовуватись зрозумілі саме для певного командира символічні позначення, що вимагає налаштування інтерфейсу під вимоги конкретної особи (командира).

На рисунку 1.1 зображено схему здійснення управління бійцями з використанням зворотного зв'язку – інформації про психофізіологічні індикатори стану бійця.

Основою запропонованої схеми є носимий блок, який слугує для знімання, перетворення та кодування знятих параметрів. Допускається керування носимим блоком з боку стаціонарного поста з метою селекції потрібних характеристик у відповідності до ситуативної обстановки об'єкта контролю (боєць зайнятий спостереженням потрапив під дощ).

Блок аналізу забезпечує формування і видачу рекомендацій у відповідності до запланованого перебігу операції.

Блок порівняння має завдання зафіксувати вихід тих чи інших параметрів за допустимі межі, які задані в базі даних/знань.



Рисунок 1.1 – Схема організації отримання, обробки інформації та прийняття рішень

В свою чергу база даних/знань використовується для прогнозування поведінки бійця за умов неповної інформації щодо психофізіологічних параметрів.

Структурна схема бази даних зведена для трьох основних типів бойової обстановки: «очікування», «навантаження», «бій». Для цих трьох типів бойової обстановки в базі даних/знань зберігаються дані про діапазони зміни параметрів в залежності від рівня адекватності виконання задач бійцем.

База даних, структура якої показана на рисунку 1.2, повинна допускати можливість сортування індивідуальних характеристик бійців під заданий набір бойових обстановок (це може бути здійснено завдяки базі знань, яка формується на наступному етапі).

Типи бойових обстановок для різних бійців та їх індивідуальні стратегії виконання бойових операцій задаються керівником операції (командиром підрозділу), для чого база даних повинна бути доповнена відповідним

програмним забезпеченням, яке дозволяє перетворювати її у базу даних/знань.

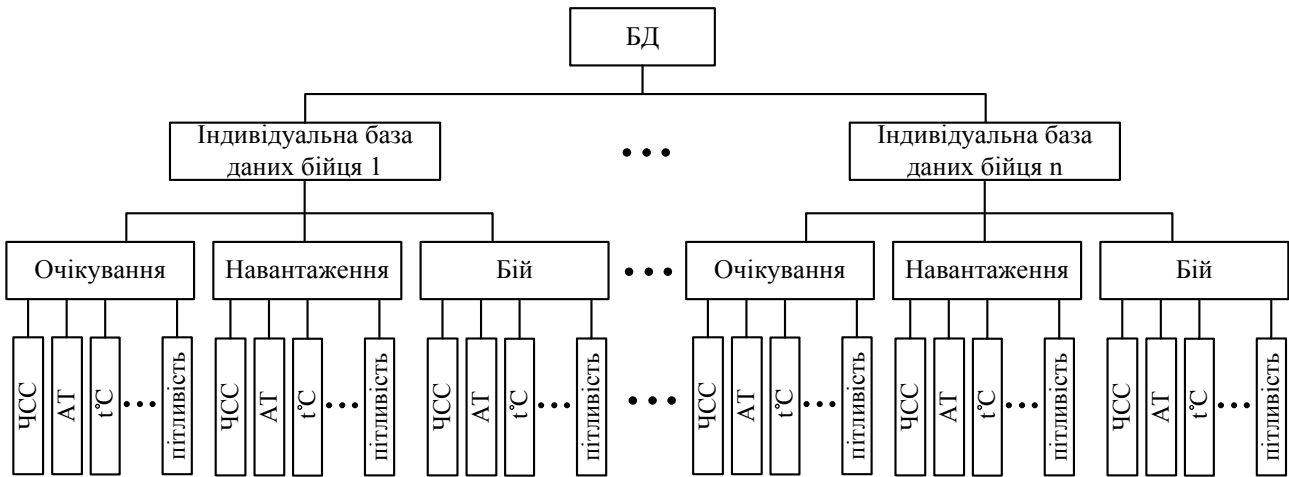


Рисунок 1.2 – Структура бази даних на бійців спецпідрозділу

На рисунку 1.3 наведено загальну схему підготовки та управління бойовою операцією з використанням інформації про психоемоційний стан бійців.

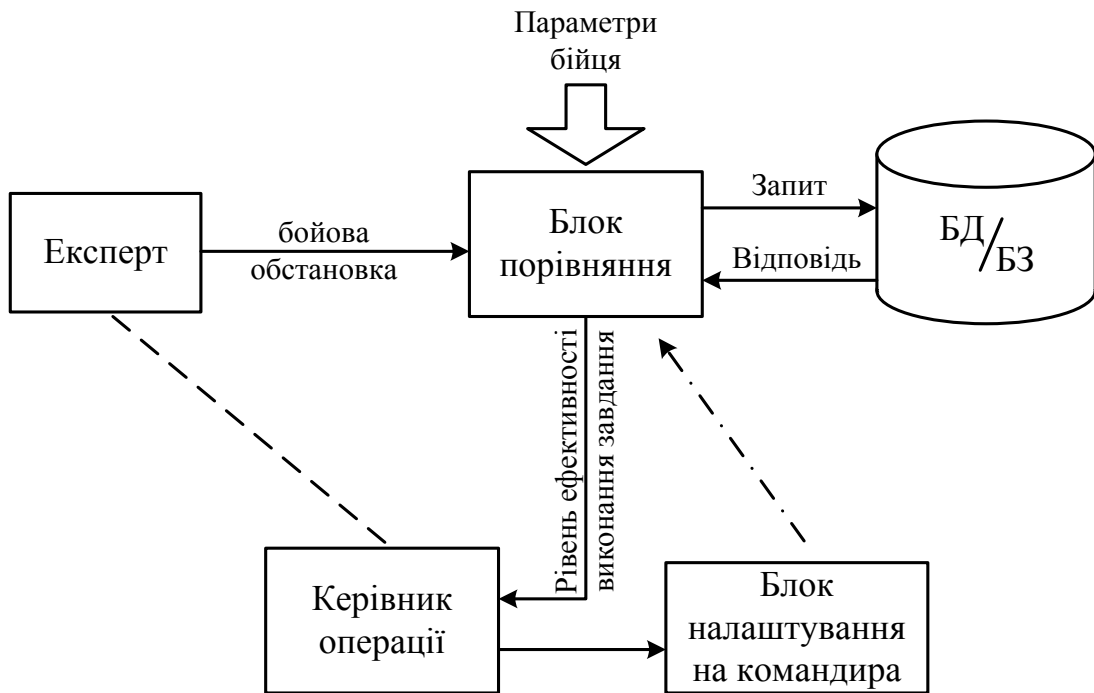


Рисунок 1.3 – Система інформаційних комунікацій з використанням психоемоційних характеристик бійців

Експерт програмує блок порівняння, задаючи бойову обстановку, яка може вибиратися індивідуальною для кожного із бійців (командирів). Керівник бойової операції налаштовує блок порівняння на видачі необхідної саме йому інформації, здійснюючи це, за необхідності, за допомогою експерта. Цю діяльність може бути здійснено ще до початку бойової операції.

Блок порівняння (БП) отримує фізіологічні дані про бійців щодо поточного стану організму. Цей блок на основі вибраних експертом та командиром інформаційних комунікацій, за заданою йому програмою формує запит до бази даних/знань щодо необхідної інформації. Отриману відповідь блок порівняння обробляє за вибраними експертом та керівником операції комп'ютерними програмами та формує рекомендації щодо рівня ефективності виконання завдання тими бойовими одиницями, які виділені командиром.

Інформація командиром подається відповідно до заданого ним виду. Командир операції приймає остаточне рішення щодо подальшого розвитку операції.

Описана система інформаційних комунікацій може повторюватись циклічно у ході операції.

На рисунку 1.4 наведено алгоритм прийняття рішення командиром під час проведення бойової операції. Цей алгоритм включає в себе механізм зворотного зв'язку, що враховує об'єктивні психофізіологічні характеристики бійців.

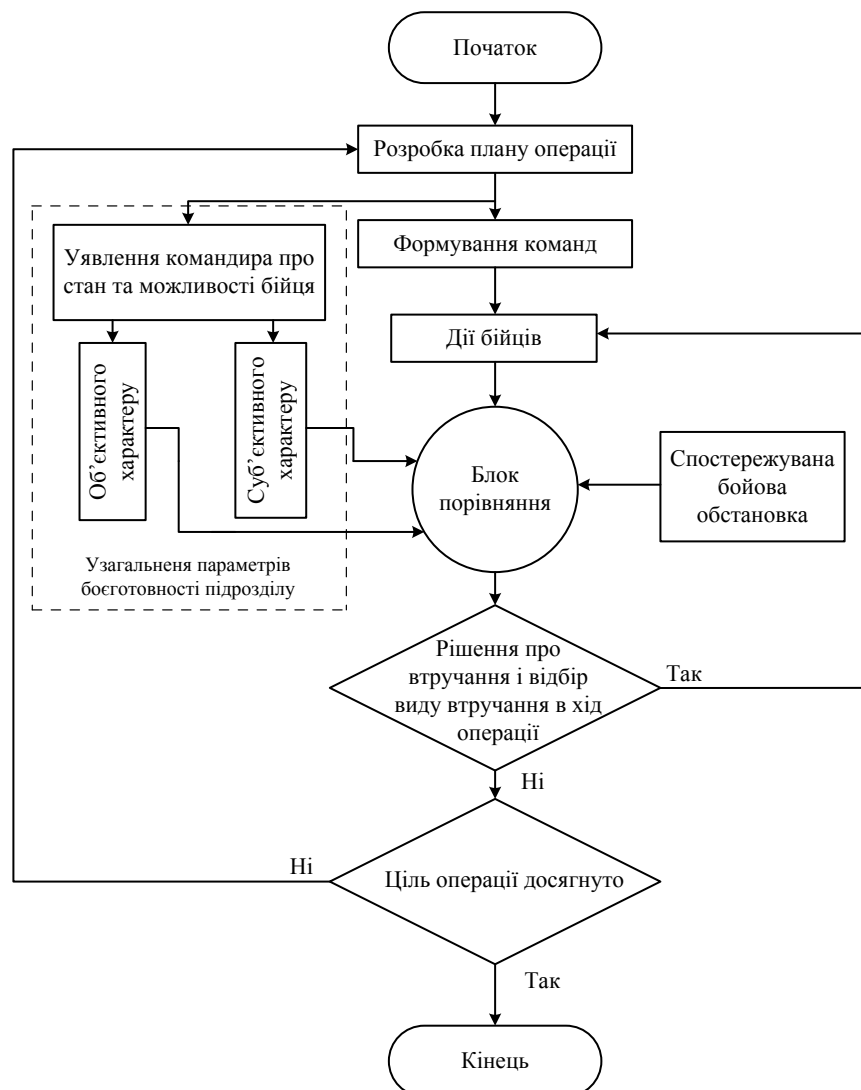


Рисунок 1.4 – Схема управління операцією командиром

Під час стандартної схеми управління боєм [18], керівник користується недостовірною інформацією, переважно суб'єктивного характеру (найчастіше — своїми уявленнями як про розгортання бойової обстановки, так і, що найголовніше, своїми уявленнями про рівень ефективності майбутнього виконання завдання своїми бійцями), і тому він змушений відмовитись від адаптації операції до реальних умов. Якщо ж він продовжить розгортання операції, то він втратить контроль над нею, а реальний результат вже не буде залежати від діяльності командира, а визначатися лише обставинами розгортання бою.

Використовуючи алгоритм (див. рис. 1.4), командир в процесі розгортання бойової обстановки може отримати повне уявлення про поточний рівень ефективності виконання бойового завдання кожним із виділених ним бійців. Це дозволяє йому здійснювати усвідомлене керування операцією, адаптуючи свої рішення під конкретні можливості свого підрозділу саме в цей момент часу та за умом саме такого її розгортання.

1.3 Інформаційні технології, системи і прилади для діагностики функціонального і психологічного стану людини

Інформаційні аспекти життєдіяльності з кожним роком привертають увагу все більшого числа дослідників. Поступово формується новий напрямок медицини – інформаційна медицина.

Інформація – невід'ємна властивість кібернетичних систем. Найбільш чітко інформаційна складова проявляється в діяльності саморегулювальних функціональних систем живих організмів, у яких постійно циркулює інформація про їхній стан. Інформація в живих організмах відбиває взаємодію молекул, клітин, тканин, органів і систем і значною мірою визначається коливальними процесами, властивим молекулам і живим клітинам (зокрема, їхнім мембранам і окремим структурам). Інформаційне навантаження несуть спеціальні інформаційні молекули.

Як показали дослідження [18], міжсистемні інформаційні зв'язки в організмі найбільш чутливі до стресових навантажень і порушуються в першу

чергу без видимих змін внутрішньоклітинних молекулярних зв'язків лише при запусчених патологічних процесах.

Нова інформаційна технологія діагностики базується на аналізі інформаційної сторони функціонування й взаємодії різних органів людини в нормальних умовах і при патологічних змінах. При цьому автори використали класичний системний підхід, при якому система визначається як набір взаємозалежних елементів.

Останнім часом у практичній медицині все більша увага приділяється методам неінвазивної діагностики, що відповідають вимогам забезпечення повної безпеки обстеження, його комфортності, оперативності, всебічності при збереженні високої вірогідності одержання результатів. У зв'язку із цим розробка й практична апробація нових підходів до побудови діагностичної апаратури при оперативному аналізі функціонального стану різних органів і систем людини є актуальним завданням. Це особливо важливо з урахуванням сучасної тенденції в оцінюванні стану людини на основі системного підходу й теорії функціональних систем.

Один з перспективних напрямків створення такого роду діагностичної апаратури засновано на ідеї використання інформаційних властивостей надмалопотужних радіовипромінювань міліметрового діапазону, випромінюваного організмом людини або іншими біооб'єктами. Така інформація може бути виділена за допомогою відповідних алгоритмів обробки вихідного сигналу. Очевидно, що з огляду на тільки фізико-хімічні фактори, не завжди вдається адекватно пояснити процеси, що відбуваються в організмі людини. Поряд з фізико-хімічними процесами в тісній взаємодії з ними в організмі людини формуються, передаються, сприймаються, зберігаються й аналізуються інформаційні сигнали різної природи. При цьому істотним стає питання про фізичні носії відповідних інформаційних сигналів, що забезпечують ефективні процеси керування.

Ідея безпосереднього використання КВЧ-випромінювання біооб'єктів як діагностичний засіб виявилась досить складною для її практичної реалізації. Основні труднощі пов'язані з винятково малою потужністю генерованих організмом ЄМП і, що ще істотніше, з відсутністю впевненості в принциповій

можливості ефективного їхнього прийому за допомогою приймачів випромінювання, традиційно використовуваних у радіофізиці й техніці.

Лише застосування новітніх розробок у цій галузі, оригінальних апаратно-програмних і алгоритмічних рішень дозволило принциповим чином підвищити рівень діагностичних можливостей розглянутого підходу й створити описаний нижче медичний КВЧ-діагностичний комплекс ДКМ-1. Його з повним правом можна віднести до діагностичних засобів нового покоління, що володіє принципово новими можливостями в порівнянні з існуючими раніше зразками.

Програмно-алгоритмічне забезпечення комплексу містить у собі:

- загальносистемні програмні засоби;
- програму керування реєстрації даних від антенно-вимірювального блоку;
- систему керування базою даних;
- програмні засоби попередньої цифрової обробки даних (попередня фільтрація, видалення аномальних спостережень, виявлення систематичних трендів);
- програму первинної обробки (визначення спектральних характеристик сигналу з різними спектральними вікнами, виділення систематичних і різницевих компонентів);
- програму виділення й аналізу діагностичних ознак з використанням одновимірного статистичного класифікатора;
- багатовимірний неймережевий класифікатор, що реалізує автоматизовану діагностичну процедуру й працює в режимі порадики, що вказує на найбільш імовірний функціональний стан обстежуваного органа за чотирма градаціями: «норма», «задовільно», «невиражена патологія», «виражена патологія».

Базовим принципом, закладеним в основу програмно-алгоритмічного забезпечення комплексу, є принцип максимальної об'єктивізації при аналізі й інтерпретації результатів діагностики на основі використання алгоритмів штучного інтелекту. З цією метою на етапі введення комплексу в дію був реалізований режим навчання, у ході якого з його допомогою було обстежено велику кількість пацієнтів. Обстежувались як органи практично здорових людей,

що нормально функціонують так і хворі органи пацієнтів із клінічно встановленим діагнозом. У результаті в пам'яті комп'ютера були сформовані свого роду «електронні портрети» (образи), що відповідають різним функціональним станам органів за зазначеними чотирма градаціями. Надалі в режимі нормальної експлуатації ці образи використовуються при роботі класифікаторів, що здійснюють автоматизовану діагностику функціонального стану того або іншого органу [18].

Розроблено методики вимірювання психофізичних функцій для колірною зору (комп'ютерна кампіметрія) і просторового слуху (комп'ютерна латерометрія). Тестування забезпечує кількісний опис суб'єктивного (усвідомленого) сенсорного образу й часу його усвідомлення, реалізовано в комп'ютерній технології із дружнім інтерфейсом, підтримує режим реального часу, високу швидкість обміну даними й повністю автоматизовану процедуру вимірювань. У процесі дослідження людина встроюється в лабораторну людино-машинну систему, призначену для вирішення завдань керування сенсорними стимулами. Сенсорні характеристики вимірюють по похибці в керуванні величиною віртуального стимулу. Реалізується схема: об'єктивно заданий віртуальний стимул – моторне відображення – суб'єктивний сенсорний образ. Єдиним зовнішнім сигналом зворотного зв'язка, що використовується у керуванні стимулом, виявляється неузгодженість параметрів сенсорного сигналу з необхідними в управлінському завданні параметрами. Саме тому рівень неузгодженості, що сприймається людиною примушує його до управлінських маніпуляцій, і характеризує кількісно стан сенсорної системи відносно сприйняття стимулу цього типу. Результатом тестування є цифровий опис суб'єктивного сенсорного образу для конкретного індивідуума в конкретному функціональному стані. Проводячи дослідження в різних функціональних контекстах дається кількісна оцінка впливу емоційної й моторної систем на когнітивний процес, вимірюється динаміка суб'єктивного сенсорного простору при психофармакологічній корекції в пацієнтів, вивчається зв'язок між типологічними особливостями людини (тип ВНД, тип вегетативної регуляції) і сенсорними функціями [19].

Поверхнева скальпова електроенцефалографія обумовлена безліччю мікрогенераторів, що виникають при синаптичній активності нейронів і пасивному затіканні позаклітинних струмів в області реєстрації. Мозок оточений чотирма основними шарами тканини, які істотно знижують щільності струмів, що протікають у скальпі, тому картина поверхневих потенціалів виявляється розпливчастою, відсутні високочастотні складові, при цьому потенціали глибинних структур мозку сильно послабляються. Очевидно, цей метод мало придатний для оцінки стану людини-оператора, тому що при цьому оператор позбавлений звичайних умов своєї діяльності. Ситуацію можна докорінно змінити, застосувавши метод фазованих антенних решіток (ФАР), використовуваний у радіолокації. Це дозволило б не тільки здійснювати знімання сигналу в будь-якій області мозку, але й корекцію його роботи, якщо буде потреба. Наприклад, при аварійній ситуації, яка спричиняє коматозний стан людини, стимуляцією стовбурних і корково-стовбурних структур можна запобігти їх деградації й підтримувати життєві функції потерпілого до надання повноцінної медичної допомоги.

Для вимірювання низькочастотних коливань мозку необхідно сфокусувати НВЧ-сигнал невеликої потужності з постійною амплітудою, на ділянці мозку, яка цікавить дослідника. Тоді внаслідок нелінійної взаємодії НЧ- і НВЧ-коливань виникне НВЧ-коливання, промодульоване НЧ-коливанням по амплітуді, що буде поширюватися в усі сторони, у тому числі й убік антени. Вихідне НВЧ-коливання також буде прийматися антеною й буде перешкодою, причому співвідношення сигнал/шум буде набагато меншим одиниці, однак перешкода буде мати постійний рівень і її можна відфільтрувати після синхронного детектування фільтром низької частоти. Для реалізації такої системи необхідні поділ і просторові рознесення приймальної та передавальної антен.

Подібний метод може бути застосований для стимуляції будь-якої біологічно активної точки організму, зокрема для безконтактної кардіостимуляції, для побудови систем з біологічним зворотним зв'язком, для вироблення в оператора навички досягнення необхідного функціонального стану і т. ін.

Можливе застосування цього методу й для побудови систем із психологічним зворотним зв'язком, наприклад, для підтримки на високому рівні необхідної операторської мотивації, у центрах реабілітації, у системах активації резервних здібностей людини, в області геронтології, для стимуляції вироблення мелатоніну та багато інших сферах.

На рисунку 1.5 показано структурну схему системи поліграфного моніторингу, що використовує метод антенних фазованих решіток із психологічним зворотним зв'язком.

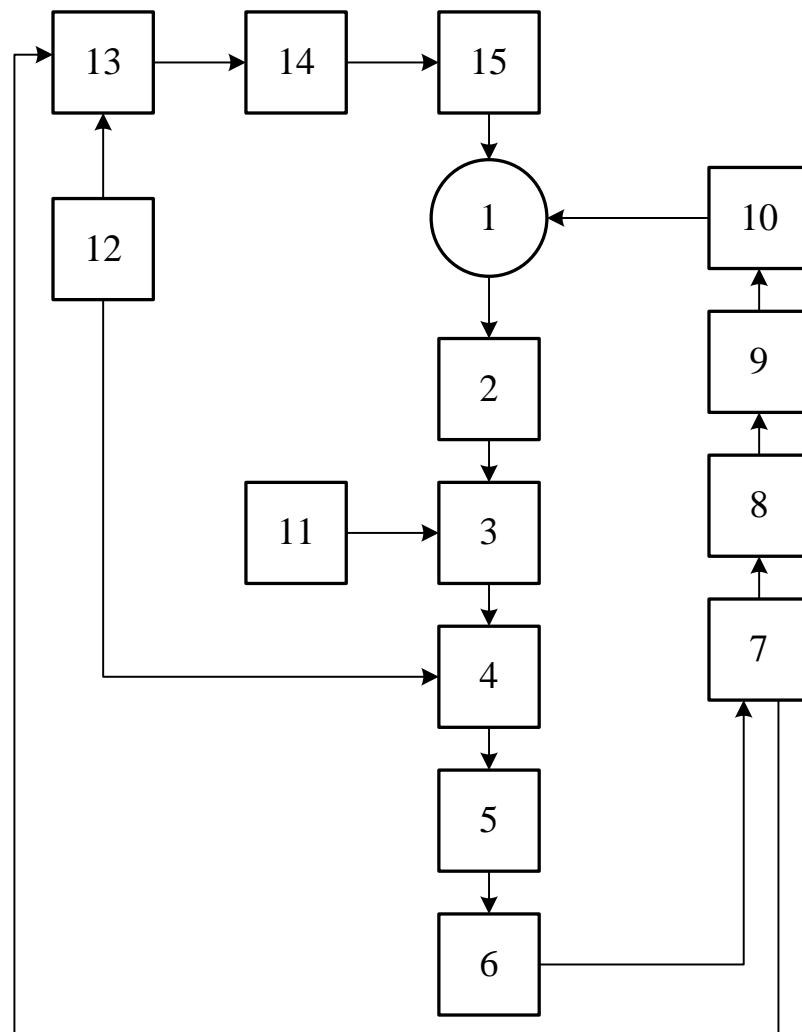


Рисунок 1.5 – Структурна схема системи поліграфного моніторингу

На рисунку 1.5 цифрами позначені: 1 – людина-оператор; 2 – прийомні антенні решітки; 3 – підсилювачі радіочастоти й фільтри; 4 – перетворювач Гілберта; 5 – комплексний фільтр нижніх частот; 6 – аналого-цифрові перетворювачі; 7 – процесор обробки біологічної інформації; 8 – інтерфейс; 9 – персональний комп'ютер; 10 – пристрій пред'явлення стимулів; 11 – тимчасове

автоматичне регулювання підсилення; 12 – задаючий генератор; 13 – формувачі характеристик спрямованості; 14 – підсилювач потужності; 15 – передавальні антенні решітки [20].

При використанні методу фазованих антенних решіток, доцільно передбачити два основних режими роботи: режим об'ємного сканування й режим локального знімання біологічної інформації й корекції.

Крім цього, можливий додатковий режим роботи – доплерографія, застосовуваний у радіолокації при селекції рухомих цілей. При цьому реалізується імпульсний режим роботи, гетеродинерування прийнятих ехосигналів і їхня частотна селекція, наприклад, за допомогою алгоритму швидкого перетворення Фур'є, реалізованого програмно або апаратно. Далі на екрані монітора формується зображення, на якому кольором закодована інформація про швидкість і напрямок. Це дозволяє визначити судинну патологію – при патологічних змінах у судинах спостерігається зниження швидкості протікання крові.

Бажано передбачити два режими роботи: – з обчисленням модуля радіальної швидкості й без. Перший режим забезпечує вдвічі більшу роздільну здатність по швидкості за рахунок збільшення шкали, другий – дозволяє визначити знак швидкості.

Для дистанційного й безконтактного контролю дихання й пульсу людини-оператора в Науково-дослідному Центрі надширокосмугових технологій Московського авіаційного інституту (НДЦ НШС МАІ) розроблений надширокосмуговий радар, що дозволяє одержати вихідну інформацію для діагностики дистанційно й безконтактно, неперервно реєструючи фізіологічні показники людини.

Вихідна інформація радара містить кількісну оцінку реакції організму на зміну зовнішньої обстановки в умовних одиницях (балах) по 10-бальній шкалі, апробованої при дослідженні великого контингенту людей. За цими оцінками виділяються п'ять основних груп станів:

0–1 – норма;

2– 4 – помірна функціональна напруга;

5 – 6 – виражена функціональна напруга;

7–8 – різко виражена функціональна напруга;

9–10 – астенізація (виснаження) регуляторних систем.

Середня потужність радара не перевищує 50 мкВт. Короткі НШС імпульси дозволяють створити малий за обсягом сектор вимірювання радара й практично виключити вплив руху інших об'єктів поза цим сектором.

Створено кілька зразків радарів, що дозволяють робити моніторинг на відстанях від 0,5 до 10 метрів до людини. Один з варіантів приладу розташовується у звуковій колонці динаміка персонального комп'ютера й дозволяє вести спостереження за станом людини в процесі виконання ним комп'ютерних тестів різної складності. Закордонні й вітчизняні аналоги подібних приладів не відомі [21].

Для забезпечення уніфікації діагностичних обстежень психофізіологічної адаптації і працездатності населення Росії запропоновано використання в компютерні миші (BioMouse), універсального пристрою для визначення психофізіологічних показників, що створювався протягом останніх двадцяти років для вирішення прикладних задач Міністерства середнього машинобудування, Міністерства енергетики, Міністерства оборони СРСР, Міністерства шляхів і сполучень і низки інших зацікавлених відомств і організації по заглибленому вивченні, діагностиці, прогнозуванню і управлінню функціональними можливостями (резервами) і працездатністю різних вікових і професійних категорій населення Росії для підвищення надійності їх діяльності і збереження здоров'я [22].

В цей час серійне виробництво комплексу здійснюється ЗАТ «Нейролаб» (Москва) і він є базовим при створенні Системи забезпечення надійності діяльності й збереження здоров'я персоналу енергопідприємств Росії, що закріплено наказами, керівними документами й нормативно-технічною документацією холдингу РАО «ЄЕС Росії» і Міністерства охорони здоров'я Росії.

Датчик, вбудований у маніпулятор «миша», являє собою комбінований датчик фотоплетизмограми (ФПГ) (кровонаповнення периферичних судин) і шкірно-гальванічного рефлексу (ШГР) (складного інтегративного показника

діяльності кори головного мозку, що відбиває зокрема психоемоційний стан людини). Оптичний датчик ФПГ являє собою інфрачервону оптичну пару (світлодіод і фотодіод), що працює на розсіюванні світла в товщі тіла та вимірювальну кількість світла, пропорційно кровонаповненню периферичних судин людини. Датчик ШГР являє собою пари металевих пластин площею близько 1 кв. см., на які подається постійна напруга порядку 0,6 вольт.

Ця розробка призначена для уніфікації широкого кола психофізіологічних досліджень, проведених у наукових і прикладних цілях, для вирішення найрізноманітніших завдань від самоконтролю, самотестування до побудови складних багаторівневих ієрархічних систем психофізіологічного моніторингу різних категорій населення Росії зі створенням національного банку психофізіологічних можливостей нації.

Розроблений комплекс також призначений для вирішення завдань керування, збору психофізіологічних даних, обробки, зберігання й видачі інформації, необхідної для одержання індивідуального й групового висновку за результатами обстежень різних категорій населення.

Областю застосування комплексу є всі прикладні й наукові види психофізіологічних обстежень індивідуума, групи, популяції людей, спрямовані на оцінку, прогнозування й керування їхніми функціональними можливостями й резервами [22].

Система підтримки працездатності оператора [23] призначена для безперервного контролю фізіологічного стану водія транспортного засобу та запобігання переходу водія з активного стану в стан психофізіологічної релаксації або дрімотну стадію сну.

Система Vigiton видає команди для включення виконавчих пристроїв безпеки, наприклад, включає аварійну світлову сигналізацію для інформування інших учасників руху, у разі непоновлення активного працездатного стану, втрати свідомості або смерті.

З урахуванням області застосування, пристрій розроблений відповідно до міжнародного стандарту безпеки CENELEC.

Пристрій забезпечує суттєве підвищення безпеки руху на всіх видах транспорту за рахунок мобілізації людини-оператора.

Склад системи Vigiton:

- світлозвуковий індикатор стану водія;
- наручні датчики, вбудовані в браслет і перстень;
- блок взаємодії з системами автомобіля.

Основні завдання телеметричної системи контролю бадьорості оператора (ТСКБО) :

Таким чином, система ТСКБО підвищує безпеку руху поїздів за рахунок того, що:

- не допускає попадання оператора-машиніста в стан глибокої релаксації;
- підвищує надійність роботи машиніста, який може контролювати свій рівень бадьорості, не допускаючи його зниження до нижнього кордону на індикаторі рівня неспання, і може за допомогою активних дій підтримувати свою працездатність, не чекаючи знеструмлення електропневмоклапана ЕПК;

- контроль бадьорості машиніста здійснюється безперервно в процесі руху поїзда незалежно від ситуації і без відволікання машиніста, вимогою періодично підтверджувати свою працездатність, що особливо важливе в ситуаціях, що вимагають від машиніста підвищеної пильності для забезпечення безпеки руху.

Відповідно до цих завдань в систему ТСКБО включені такі прилади і блоки:

- прилад ТСКБО-Н – телеметричний датчик. Розташовується на зап'ясті машиніста. Він призначений для одержання інформації про відносну зміну опору шкіри, перетворення цієї інформації в кодові посилки і передачу їх по радіоканалу на прилад ТСКБО-П;

- прилад ТСКБО-П – приймач сигналів телеметричного датчика і пристрій індикації. Він розташовується в кабіні локомотива над локомотивним світлофором або зліва від локомотивного швидкостеміра. Приймач сигналів телеметричного датчика призначений для прийому сигналів по радіоканалу, їх попередньої обробки і передачі в блок контролера системи. Крім того, приймач виявляє присутність другого працюючого телеметричного датчика в зоні дії системи і інформує про це контролер системи;

- пристрій індикації поєднаний конструктивно з приймачем і призначений для візуального відображення рівня бадьорості машиніста на світлодіодній лінійці.

- блок ТСКБМ-К – контролер системи. Розташовується в кабіні локомотиву в місці, що зручне для ввімкнення/вимкнення системи. Він призначений для обробки інформації телеметричного датчика системи, що надходить з приймача блока ТСКБО-П, визначення рівня неспання машиніста відповідно до закладеного алгоритму, управління пристроєм індикації блока ТСКБО-П і контролю стану системи.

ТСКБО – прилад безпеки. У зв'язку з цим критерії і пороги вибрані на основі аналізу величезного статистичного матеріалу за принципом: найменший з маленьких, найбільший з великих. Тому для деяких людей прилад, побудований на основі вищевикладеного принципу, суб'єктивно жорсткий. Проте, по-перше, ТСКБО гарантує спрацьовування ЕГЖ перед засипанням у стадії релаксації, коли людина ще усвідомлює те, що відбувається, на відміну від ситуації з періодичною перевіркою, коли декілька останніх натискань перед засипанням людина може здійснити «на автоматі». По-друге, спрацьовування ТСКБО відбувається також і при недопустимому зниженні часу реакції людини або припиненні відслідковування ним навколишнього оточення, тоді як при періодичних перевірках ці параметри стану людини взагалі ніяк не контролюються. Формально це означає, що вірогідність проїзду заборонного сигналу машиністом, пов'язана з погіршенням його стану, при використанні ТСКБО в середньому в 100 разів нижча, ніж при періодичних перевірках.

При виході з ТСКБО машиніст з неминучістю повинен перейти до режиму роботи з періодичними перевірками. В цьому випадку він повинен усвідомлювати те, що рівень безпеки знижується до того стану, який був в той час, коли цей локомотив ще не був обладнаний ТСКБО. Але цей рівень безпеки був дозволений раніше і є допустимим в даний час відповідно до вимог ОСТУ.

Проведений у роботі [24] аналіз існуючих систем оцінки й корекції стану людини-оператора показав, що всі вони володіють двома істотними недоліками:

- у них відсутній облік психологічних мотивів оператора, хоча зі спеціальної літератури відомо, що до 90 % помилок скоєних оператором мають психогенний характер;

- у них відсутній облік надповільних біологічних циклів, хоча так само зі спеціальної літератури відомо, що їхній облік дозволяє підвищити кількість виявлених патологічних станів в два рази.

Найбільш доцільним виявляється розбиття системи на низку підсистем, для чого було необхідно вирішити низку взаємозалежних задач, в кожній з яких розроблялися б відповідні підсистеми: надмобільна підсистема цілодобового моніторингу (ЦМ), підсистема моніторингу робочої діяльності (МРД) і стаціонарна підсистема – діагностико-відновлювальний центр (ДВЦ) для корекції роботи мобільних і портативних підсистем і, в якому крім того ще реалізується процес профвідбору й навчання людино-операторського контингенту входження в оптимальну психофізіологічну сумісність (ПФС) для того або іншого виду діяльності. Таким чином, завдання побудови загальної системи оцінки й корекції ПФС людини-оператора було розбито на три підзадачі [24].

Система організована у вигляді функціональної піраміди. У загальному виді роботу системи можна представити в такий спосіб. Підсистема цілодобового моніторингу (ЦМ) є найнижчою ланкою й здійснює постійний, але не вичерпний, моніторинг і корекцію стану людини-оператора за вбудованою програмою. Вона також може попередити можливість появи патологічного стану на робочому місці за допомогою статистичного аналізу ПФС оператора поза роботою.

Підсистема МРД за допомогою вбудованої підпрограми здійснює більш повноцінний контроль і корекцію функціонального стану людини-оператора протягом періоду виконання робочої діяльності. Підсистема, у свою чергу, складається з комплексу портативного моніторингу людини-оператора (ПМ) і комплексу дистанційного моніторингу й корекції стану людини-оператора (ДМ). Корекція роботи цієї підсистеми здійснюється шляхом аналізу даних, отриманих з підсистеми КМ і підсистеми ДВЦ.

ДВЦ є найбільш повною й максимально вичерпною підсистемою для оцінки й корекції стану людини-оператора. Підсистема призначена для періодичних

досліджень стану людини-оператора. Вона коректує роботу підсистем КМ і МРД не тільки на основі власних даних, але й даних, накопичених підсистемами КМ і МРД. Ця підсистема також використовується для профвідбору.

Підсистема КМ розміщується на ручних і/або ножних браслетах і служить для оцінки й корекції ПФС із урахуванням міжпівкулевої асиметрії, або в одному браслеті – без урахування останньої [25].

Система складається з таких каналів біологічної інформації: каналу виміру електричної активності шкіри (ЕАК), що має два виходи тонічної й фазичної складових; каналу фотоплетизмограми (ФП); датчика температури тіла (ДТТ), а також датчика температури навколишнього середовища (ДТНС). Останній розташований на поверхні браслета й інформація з нього, хоч і не є біологічною, але може бути значимою для оцінки тонічної складової ЕАК. Інформація, що знімається із цих каналів, надходить через аналоговий мультиплексор (АМ) на АЦП, а потім на блок первинної обробки й прийняття рішень (БПОПР), далі вона транслюється по двонаправленому радіоканалу (РД) у центральний комп'ютер (ЦК). БПОПР по заданій зі ЦК програмі може подавати за допомогою блока стимуляції (БС) сигнал на стимулюючий електрод, через який і здійснюється процес БЗЗ.

Для каналу фотоплетизмограми в підсистемі КМ найбільш зручним та ефективним є метод оцінки ПФС людини-оператора, заснований на аналізі варіабельності серцевого ритму за методом фазової площини, запропонованого А. Д. Титарем і С. А. Сінютіним. Однак цей метод необхідно було модернізувати, тому що застосування каналу вимірювання ЕКГ, тут неможливе, через очевидні незручності й низьку надійність в умовах повсякденної діяльності.

За допомогою каналу ЕАК не тільки уточнюється поточне ПФС, але й визначається рівень оволодіння навчальними навиками, і ступінь міжпівкулевої асиметрії. для чого розраховуються коефіцієнти психомоторної активності й коефіцієнт латеральної асиметрії

$$K_l = \frac{SCL_l - C_l}{C_l} \text{ i } K_n = \frac{SCL_n - C_n}{C_n}, \quad (1.1)$$

де SCL_n , SCL_p – поточні електричні провідності шкіри лівої й правої сторін тіла відповідно;

C_n , C_p – асимптотичні значення електропровідності шкіри лівої й правої сторін тіла;

K_n , K_p – коефіцієнти психомоторної активності з урахуванням міжпівкульової асиметрії.

Коефіцієнт латеральної асиметрії $K_{асм}$

$$K_{асм} = \frac{K_n + K_p}{K_n - K_p}. \quad (1.2)$$

Розроблена підсистема дозволяє також здійснювати корекцію стану людини-оператора за допомогою виробленого раніше, у ДВЦ, рефлексу на електростимуляцію за методикою А. Р. Лурія. Однак у методиці А. Р. Лурія нормується лише величина електричного сигналу, а частота й форма імпульсу довільна, це дозволяє сполучити її, з ритмічними методами ініціації ПФС, а також методом полічастотних впливів Л. Х. Гаркаві. Таке сполучення різних методів істотно скорочує тимчасові витрати на навчання людино-операторського контингенту ініціації необхідного ПФС.

Таким чином, розроблена підсистема дозволяє вирішити завдання цілодобового моніторингу в сполученні з високою комфортністю завдяки малим габаритам і масі [25].

Досить цікавою представляється інформаційна система оцінки психофізичної готовності студентів до професійної діяльності [26, 27], у якій проаналізовані переваги і недоліки існуючих інформаційних систем для оцінки професійної психофізіологічної готовності ППФГ студентів. Структурна схема інформаційної системи представлена на рисунку 1.6.

Інформаційна система має дружній користувачеві інтерфейс, гнучку систему налаштувань і містить всі складові відповідно до сучасної моделі інформаційної системи, такі як: збір інформації, зберігання, обробка, передача, видача інформації, захист інформації.

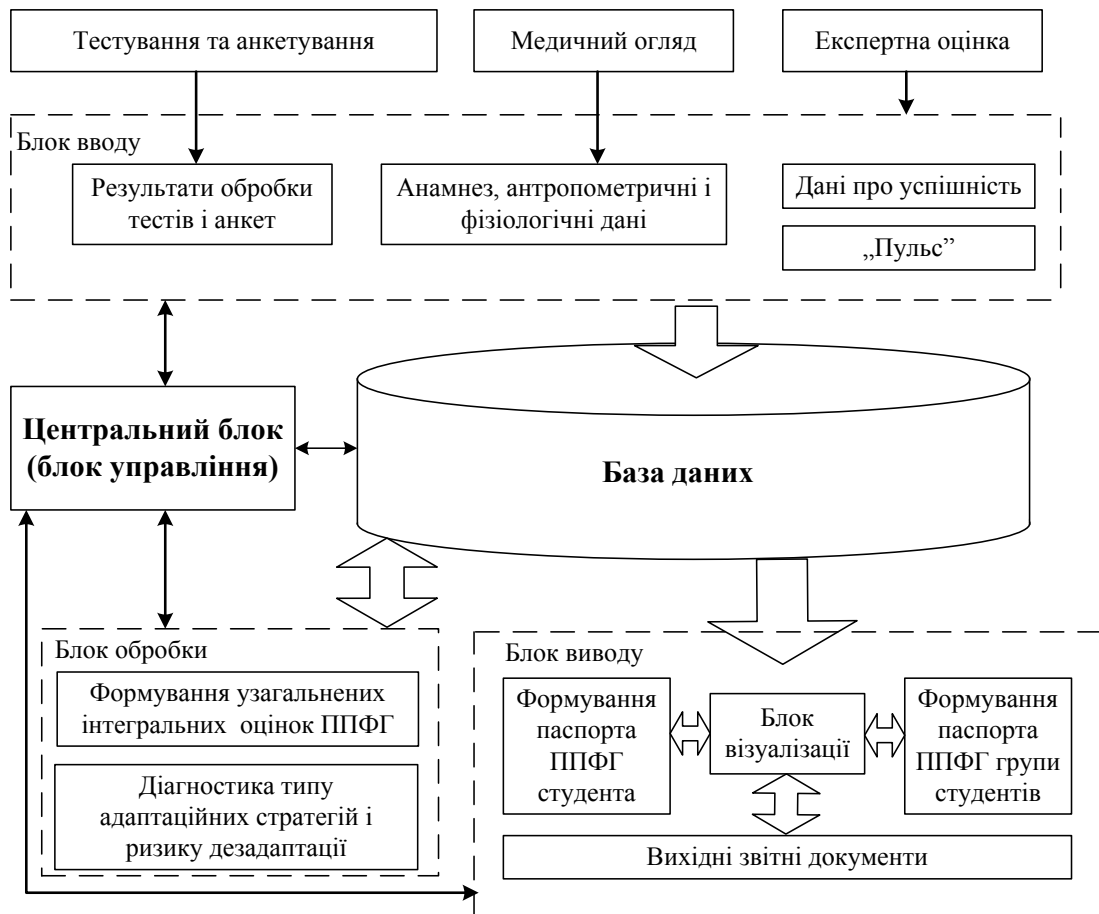


Рисунок 1.6 – Структурна схема системи оцінки ППФГ

Система спроектована, як реляційна база даних, реалізована в СУБД MSAccess із включенням програмних модулів, написаних мовою Visual Basic for Application.

У блоці тестування передбачено два варіанти проведення тестування: у бланковій формі, з наступним введенням результатів у базу даних, і в інтерактивному режимі. Для роботи в інтерактивному режимі розроблено інформаційну технологію психологічного тестування, що базується на принципах комп'ютерної психодіагностики й забезпечує реалізацію основних типів психодіагностичних методик: анкети й опитувач закритого типу; психодіагностичні методики на основі ранжирування; психофізіологічні й проєктивні тести.

Розроблена технологія є універсальним інструментом створення й реалізації як психологічного, так і соціологічного й педагогічного тестувань й дозволяє легко вносити зміни в структуру системи.

Для ефективного функціонування в будь-якій інформаційній системі особливого значення набувають методи візуалізації даних і кінцевих результатів обробки, що забезпечують форму подання інформації у вигляді відображень, адекватних зоровому сприйняттю людини й зручних для однозначного тлумачення отриманих результатів.

Для того, щоб створити захист інформації й забезпечити безвідмовність системи було проаналізовано можливі ризики й запропоновано наступну модель захисту інформації (рис.1.7).

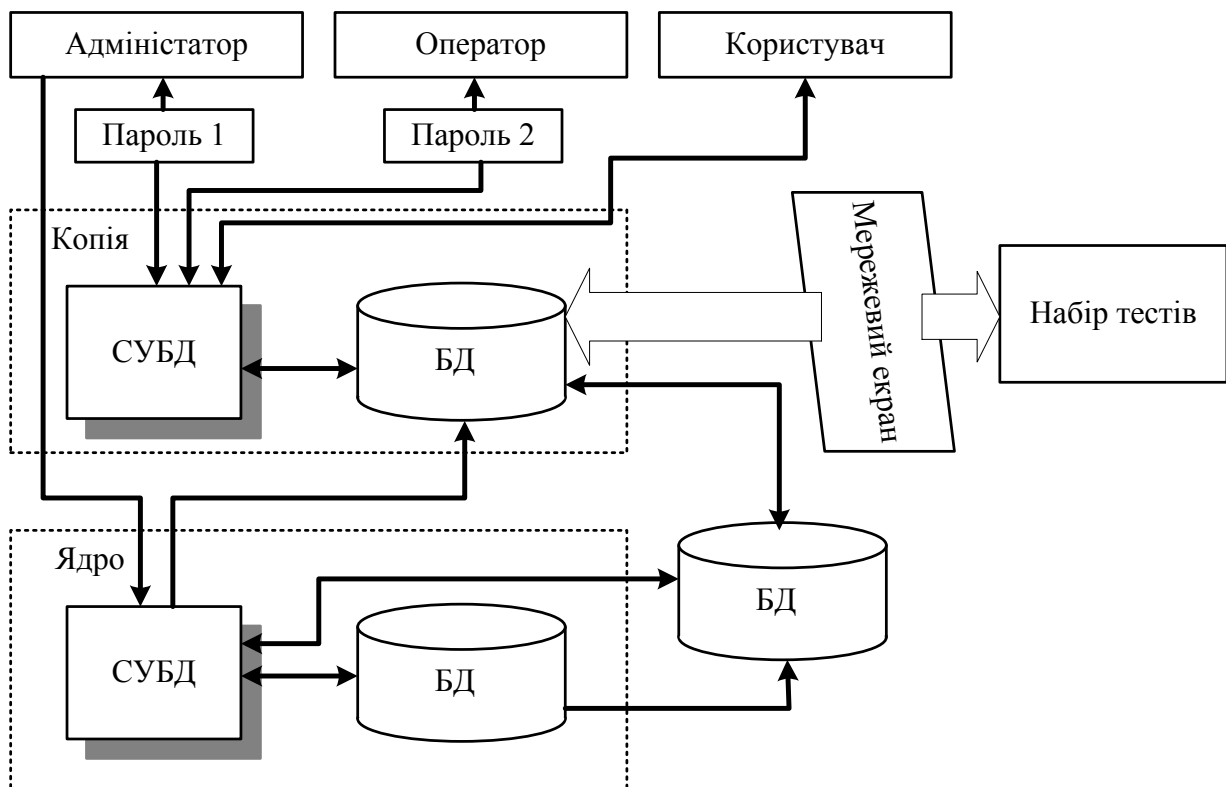


Рисунок 1.7 – Модель захисту інформації

Таким чином, на основі структурної моделі професійної психофізичної готовності студента, представлена, як система, що складається із чотирьох підсистем з наступною декомпозицією кожної з підсистем до рівня компонентів і елементів, розроблено інформаційну технологію психодіагностичного тестування, що дозволяє виділити чотири типи адаптаційних стратегій і механізми їхньої автоматичної діагностики.

1.4 Висновки до розділу 1

1. Обґрунтовано поняття оперативного екстремального контакту і визначені вимоги до відбору і готовності бійців спецпідрозділу до дій в екстремальних умовах.

2. Сформульовано критерії розподілу ситуації на надзвичайні та екстремальні, що дозволило визначити психофізіологічне забезпечення діяльності бійців спецпідрозділів як комплексну систему соціально-психологічних, психологічних і психофізіологічних заходів, спрямованих на оптимізацію процесу адаптації в екстремальних умовах, розвиток адаптивних здібностей до стресу, психопрофілактику професійного стресу, психокорекцію неадаптивних і дезадаптивних станів.

3. Проведений аналіз існуючих інформаційних технологій, систем і комплексів для оцінювання функціонального стану людини в нормальних та екстремальних умовах визначив напрямок подальших досліджень суть якого полягає в тому, що проектування сучасних біотехнічних комплексів і систем, в тому числі і дистанційного моніторингу, повинно базуватись на результатах аналізу функціонування і взаємодії різних органів людини в нормальних та екстремальних умовах, принципах системного підходу, неінвазивних методах контролю з обов'язковим моніторингом стану і формуванням адаптаційних стратегій стосовно ситуацій, що виникають.

Результати досліджень, що увійшли до розділу 1, опубліковані в [12, 13, 27].

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ МОНІТОРИНГУ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ І МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ БІЙЦІВ СПЕЦПІДРОЗДІЛУ НА ЕТАПІ ЕКСТРЕМАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО КОНТАКТУ

2.1 Відбір і комплектування спецпідрозділів для дії в умовах екстремального оперативного контакту із цивільним населенням

Аварійність і травматизм з вини «людського фактору» зумовлені, як правило, допуском до виконання небезпечних робіт осіб з підвищеним ризиком травматизму, професійно важливі психофізіологічні якості яких не відповідають вимогам професійної діяльності. Також важливою обставиною є перебування працівника у стані, що знижує надійність і безпеку діяльності (втома, психофізіологічне виснаження, збудження тощо).

В умовах Збройних Сил (ЗС) України такі причини будуть мати вкрай негативні наслідки навіть у мирний час, а у військовий – можуть привести до невиконання своєї функції.

Аналіз діяльності військових частин та підрозділів України, в тому числі і у складі миротворчих формувань, свідчить, що основні причини нещасних випадків та невиконання поставлених завдань зумовлені саме психофізіологічними факторами.

Нажаль проблеми, що існували раніше, отримали свою проекцію і на армію контрактну. Це і втечі із військових частин і нестатутні відносини, і неадекватне застосування зброї. Але в армії контрактній досить часто ці проблеми поглиблюються за рахунок того, що командування намагається приховати реальну картину того, що відбувається [28].

Останнім часом все частіше почали називати такі два джерела, що створюють цей негатив в армії. Перше – неякісний відбір в Збройні Сили, що проводиться у військових комісаріатах і, відповідно, низька допризовна підготовка до військової служби молоді. Друге – це слабка виховна робота з боку

офіцерів безпосередньо у військових частинах, а також слабка профілактика попереджень військових порушень [29, 30].

Відомо, що в практичній медицині все більше уваги надається методам неінвазивної діагностики, які відповідають вимогам забезпечення повної безпеки обстежених та досліджених, комфортності, оперативності, всебічності при збереженні високої достовірності кількісних результатів. У зв'язку з цим розроблення та практична апробація нових підходів до побудови діагностичної апаратури при оперативному аналізі функціонального стану різних органів та систем людини представляється як актуальна задача. Це особливо важливо при урахуванні сучасних тенденцій в оцінюванні стану людини на основі системного підходу та теорії функціональних станів [28, 30–33].

По мірі того, як будуть створюватись і функціонувати регіональні центри комплектування, коли можна буде з досить малою похибкою прогнозувати не тільки загальну кількість контрактників, а і їх кількість по родах військ, посадах, терміну служби і т. д., тільки після цього можна буде поступово зменшувати частку військовослужбовців-строковиків у загальній чисельності професійної армії. Такий підхід дасть можливість забезпечити нову функцію військкоматів, які стануть координаторами між регіональними центрами комплектування кандидатів і професійними Збройними Силами України.

Багаторівневий психофізіологічний відбір на службу до Збройних Сил України повинен визначати рівень відповідності кандидатів професійним і етичним вимогам, умінню оцінювати підлеглих, ступінь їх мотивації на військову службу, лідерські якості, комунікабельність.

З високим ступенем надійності буде забезпечено відсіювання людей, які не придатні для служби за психічним станом або незадовільним рівнем мотивації; відбір людей за інтелектуальними здібностями, які здатні виконувати роботу, що вимагає високих інтелектуальних навантажень, і відмова від тих, яким не можна доручати виконання робіт, що викликають інтелектуальне виснаження; висування на керівні посади, яке здійснюється для особистостей, що позитивно пройшли всі попередні етапи відбору.

Для забезпечення необхідної високої прогностичної цінності та надійності методик при їх розробці і підборі, а також при практичному використанні в процедурі відбору, необхідно керуватися низкою принципів положень, головними з яких є такі [34].

Принцип наукової обґрунтованості. Методики повинні дозволяти досліджувати і оцінювати саме ті якості особи, які є професійно важливими для того чи іншого виду діяльності і виявлені в результаті її психофізіологічного аналізу. Повинно бути ясно, яка якість піддається вивченню і чому саме її слід оцінювати.

Принцип об'єктивності. Реалізація цього принципу передбачає необхідність створення і підтримки в період обстеження стандартизації: обстановки і методик обстеження, інструкції, організаційних форм експерименту, форми реєстрації, аналізу і інтерпретації результатів дослідження. Недостатня стандартизація умов проведення дослідження приводить до зниження надійності методик, а, отже, і їх цінності.

Принцип практичності. Методики повинні бути такими, щоб їх використання не вимагало ніякої спеціальної, тривалої підготовки випробовуваних. Бажано, щоб вони були економічними з погляду вартості апаратури, проведення дослідження і обробки його результатів, а також економічними відносно часу, відведеного на проведення дослідження. Методики повинні бути простими і, по можливості, повинні забезпечувати масове обстеження за участю обмеженої кількості обслуговуючого персоналу.

Ефективність використовуваних методів професійного відбору і надійність одержуваних результатів багато в чому залежить від організації психофізіологічного обстеження.

Наукові дослідження та аналіз практичних результатів, які проводяться у різних країнах світу, свідчать про високий ступінь залежності стану здоров'я та працездатності працівників від їхніх психофізіологічних якостей. Ці дані підтверджують доцільність запровадження у галузях народного господарства із підвищеним рівнем виробничої небезпеки психофізіологічного відбору і психофізіологічної експертизи.

Застосування професійного психофізіологічного відбору, як свідчить досвід розвинених країн і дані вітчизняних авторів, приводить до зменшення рівня аварійності технічних систем залежно від видів і умов діяльності на 40–70 %, зменшення кількості техногенних катастроф – на 20–25 %, зниження рівня травматизму через «людський фактор» – на 40–45 % [35].

Професійний психофізіологічний відбір і психофізіологічна експертиза (як його кінцевий результат) якраз і є тими заходами, що спрямовані на вирішення проблеми «людського фактора», істотно впливають на підвищення рівня безпеки і збереження здоров'я працівників і службовців.

Психофізіологічний відбір та експертизу необхідно проводити у разі наявності високої ціни можливої помилки фахівця (небезпека для життя оточуючих людей і самого фахівця, заподіяння матеріальних й моральних збитків, пошкодження обладнання тощо).

У розвинених країнах психофізіологічна експертиза давно стала і на виробництві обов'язковою складовою безпеки.

Психофізіологічна експертиза спрямована на виявлення відповідності працівника професійним вимогам до виконання конкретної роботи підвищеної небезпеки чи такої, що потребує професійного відбору: наявність і рівень розвитку певних професійно важливих психофізіологічних якостей, що визначають спроможність працівника діяти адекватно і надійно (увага, пам'ять, швидкість та точність реакції, здатність приймати адекватні рішення у напружених умовах діяльності та ін.).

Нижче наведено значення деяких психофізіологічних професійно важливих якостей з погляду безпеки праці [28].

Психомоторні якості (координація, швидкість реакції). Безпека багатьох трудових процесів залежить саме від точної, швидкої та правильної реакції працівника на певні явища, що виникають під час трудового процесу.

Стійкість до впливу стресів (здатність приймати рішення та дії в екстремальних умовах). Емоції відіграють важливу роль у керуванні трудовою діяльністю. Нездатність регулювати емоційні процеси призводить до порушення уваги та перебоїв у діях, наслідком чого можуть бути нещасні випадки.

Увага (концентрація, стійкість, розподіл, швидкість переключення, обсяг). Виконання роботи вимагає певної уваги. Це означає, що психічна діяльність працівника має бути спрямована на конкретне трудове завдання. Якщо в ході роботи почнуть діяти несподівані сильні впливи на працюючого (наприклад, звукові або світлові), станеться мимовільне відволікання уваги. У таких випадках нерідко допускається невиконання дії або неправильна дія, що призводить до нещасних випадків.

Пам'ять. Під час навчання робочим операціям відбувається їх стабільна фіксація у пам'яті. Швидкість і обсяг запам'ятовування, тривалість збереження інформації, точність її відтворення безпосередньо впливають і на безпеку діяльності.

Роботи підвищеної небезпеки характеризуються наявністю і психофізіологічних факторів виробничої небезпеки – фізичних (статичні й динамічні перевантаження, гіподинамія) і нервово-психічних (розумове перенапруження, монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруження аналізаторів). Зазначені фактори спричиняють зміни в стані людини під впливом важкості та напруженості праці.

За таких умов виконання професійних обов'язків супроводжується максимальним напруженням фізіологічних і психічних функцій, що нерідко виходять за межі фізіологічної норми. У разі невідповідності психофізіологічних і професійно важливих якостей працівника вимогам професії швидко знижується працездатність, допускаються грубі порушення, помилкові дії, зриви діяльності тощо. Така діяльність характеризується зниженою надійністю й ефективністю, а стан працівника – підвищеним ризиком виникнення нещасного випадку. Деякий проміжок часу виконання професійних обов'язків може відбуватись без порушень і зривів за рахунок постійного перенапруження регуляторних систем організму. Але результатом такого стану досить швидко може стати розвиток стійких функціональних зрушень, межових розладів, які важко виявити під час звичайного медичного огляду. Тривале збереження такої несприятливої ситуації спричинює розвиток психосоматичних захворювань. Таким чином замикається патологічне коло: окрім підвищеного ризику виникнення розладів здоров'я

працівників, психофізіологічні якості яких не повністю відповідають вимогам професії, спостерігається підвищений ризик виникнення нещасного випадку.

На ймовірність виникнення нещасного випадку впливає також неврівноваженість емоційних процесів. Наприклад, підвищена емоційна нестійкість, несподівані зміни радості та злості, гостра емоційна реакція на незначні зовнішні подразнення підсилюють схильність робітника до загрози нещасного випадку і зменшують його захищеність [28, 35].

Оцінити професійно важливі психофізіологічні якості працівника можна лише з допомогою психофізіологічних тестів – спеціального інструмента оцінки індивідуальних властивостей людей. За спеціальними статистично обґрунтованими алгоритмами ухвалення рішення можна отримати ймовірнісну прогнозовану оцінку успішності та надійності діяльності працівника під час виконання конкретної роботи підвищеної небезпеки чи такої, що потребує професійного відбору.

Вимоги певного роду діяльності до психофізіологічних якостей людини оцінюються на підставі її психофізіологічного аналізу, складання професіограми цієї діяльності. Після цього підбирається відповідний методичний апарат, що дозволяє оцінити аналізовані психофізіологічні якості. При цьому необхідно відзначити, що психофізіологічний відбір повинен носити комплексний характер, бути активним, відповідати принципам диференційованості, динамічності, наукової обґрунтованості, а методики повинні відповідати вимогам надійності, прогностичності та повинні бути об'єктивні і практичні. Тільки при дотриманні всіх цих вимог можлива достатньо вичерпна оцінка психофізіологічних якостей людини.

Сьогоднішній стан розвитку ЗС України характеризується зміною самої суті військової професійної діяльності, коли військовослужбовець виконує не тільки свої вузькоспеціалізовані обов'язки, а є фактично оператором, який здатен приймати відповідальні рішення в залежності від ситуації, в якій він знаходиться. І якщо раніше це було прерогативою тільки офіцерського складу, то сьогодні такі функції покладені і на сержантський склад. Крім того, сьогодні навіть звичайний солдат повинен мати мінімальний технічний рівень освіти. Оскільки

використовуючи тільки шкільний запас знань, неможливо «співпрацювати» зі зброєю, технікою та сучасними інформаційними тактико-технічними комплексами, якими, не зважаючи на всі труднощі, поступово комплектуються Збройні Сили України.

Все це, в свою чергу, вимагає того, щоб уже сьогодні в межах РЦК формувалися відповідні бази даних/знань, що мають забезпечити тільки використання, як мінімум, програмно-апаратних комплексів (ПАК), які дозволяють автоматизувати як процес вимірювання, так і формування та управління бази даних і знань. Першим із таких комплексів, який зарекомендував себе як багатофункціональна, надійна і зручна у використанні система, є комплекс «Військомат-контракт» [28, 36].

Ще однією умовою ефективного функціонування РЦК, є врахування стандартів Збройних Сил розвинених країн Європи, що дозволить Україні, в разі її входження до Європейської системи колективної безпеки, не втрачати час на формування власних ЗС, а тільки – на їх адаптацію.

Продовжуючи визначати структуру і можливості сучасних РКЦ, ми пропонуємо розглядати їх не тільки як базову складову системи Міністерства оборони, а і як елемент системи соціально-економічних інститутів України (рисунок 2.1). Такий підхід забезпечує логічний зв'язок між цивільними та військовими інститутами країни, що буде сприяти формуванню особистості військовослужбовця як громадянина України, а не тільки як професіонала, який повинен захищати цього громадянина.

РЦК формують психофізіологічний профіль кандидата. Для цього вони використовують програмно-апаратні комплекси, однією із задач яких є формування бази даних із вибраних психічних та фізіологічних параметрів. Отриману базу даних переводять в базу знань експерти, які, по суті, виконують задачу класифікації, тобто віднесення кандидата до певного класу. Слід відзначити, що аналогічну функцію виконують і програмно-апаратні комплекси [36].

Далі сформований психофізіологічний профіль передається в особовий відділ частини, де буде служити кандидат, Цілком можливо, що до особового відділу буде направлено частину отриманої бази даних/знань.

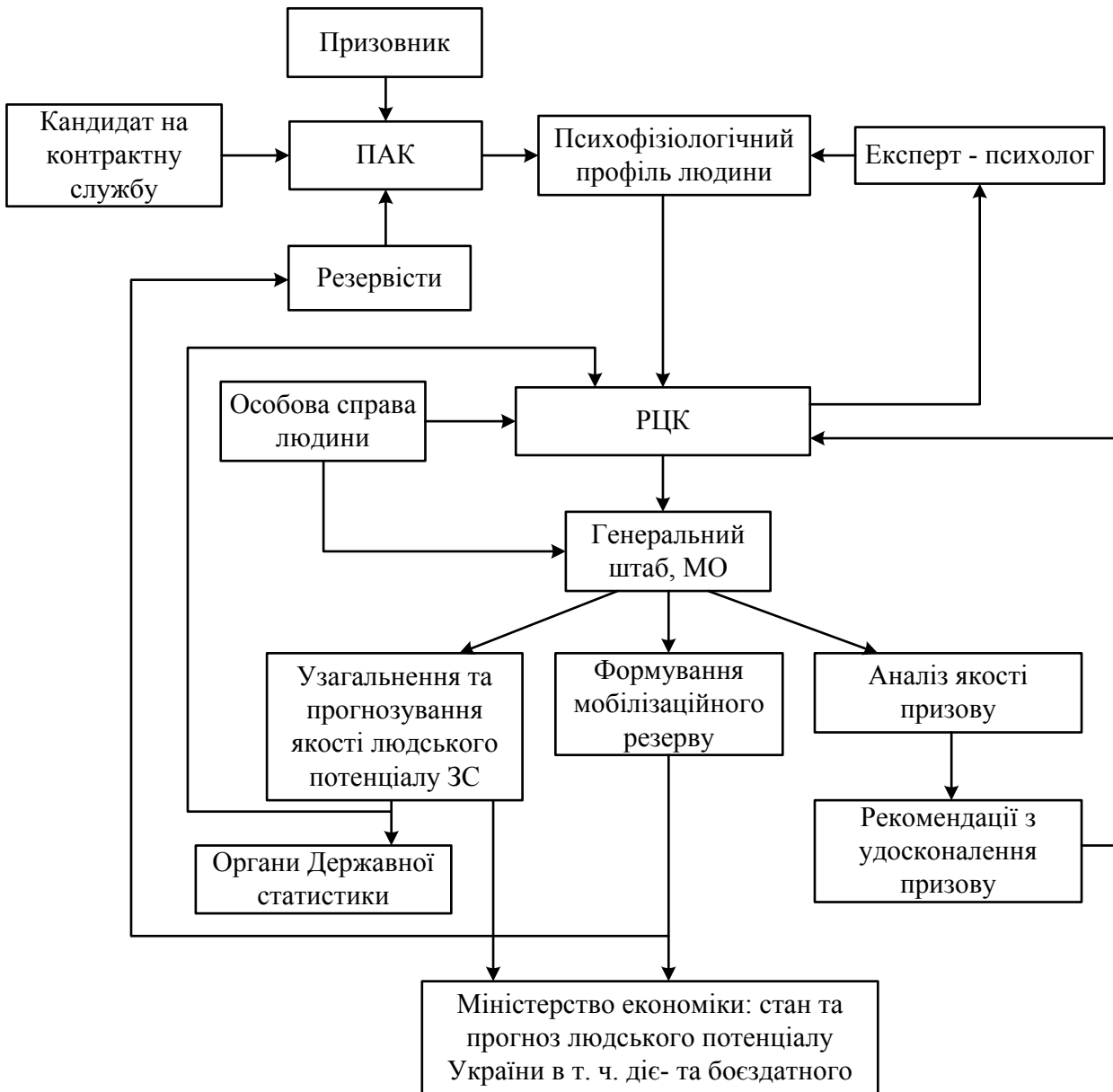


Рисунок 2.1 – Функціонування РЦК як соціально-економічного інституту: формування та функціонування інформаційних комунікацій

Повну ж базу даних/знань РЦК передає до Генерального штабу або до МО де у відповідних аналітичних підрозділах, проводиться узагальнення та прогнозування якості людського потенціалу ЗС України, а також аналіз якості призову за умов розгортання мобілізаційних процесів.

Деякі фрагменти бази даних/знань, узагальнених в процесі аналізу, відповідні відділи Генерального штабу або МО передають до органів Державної статистики та до Міністерства економіки. Ці державні структури, використовуючи отримані данні, здійснюють аналіз стану розвитку людського потенціалу України та прогноз на майбутнє.

Цікаво, що при цьому РЦК починає відігравати роль важливого державного інструменту для аналізу та прогнозування економічного розвитку України з урахуванням людського фактора. Це, до того ж, приводить до економії тих витрат Державного бюджету, які направлені на збір даних та аналітичну діяльність.

На рисунку 2.2 представлена організаційна схема розробки, формування та використання баз даних/знань, які необхідні для комплектування ЗС України, а також підсистема формування особової справи кандидата до ЗС [36].

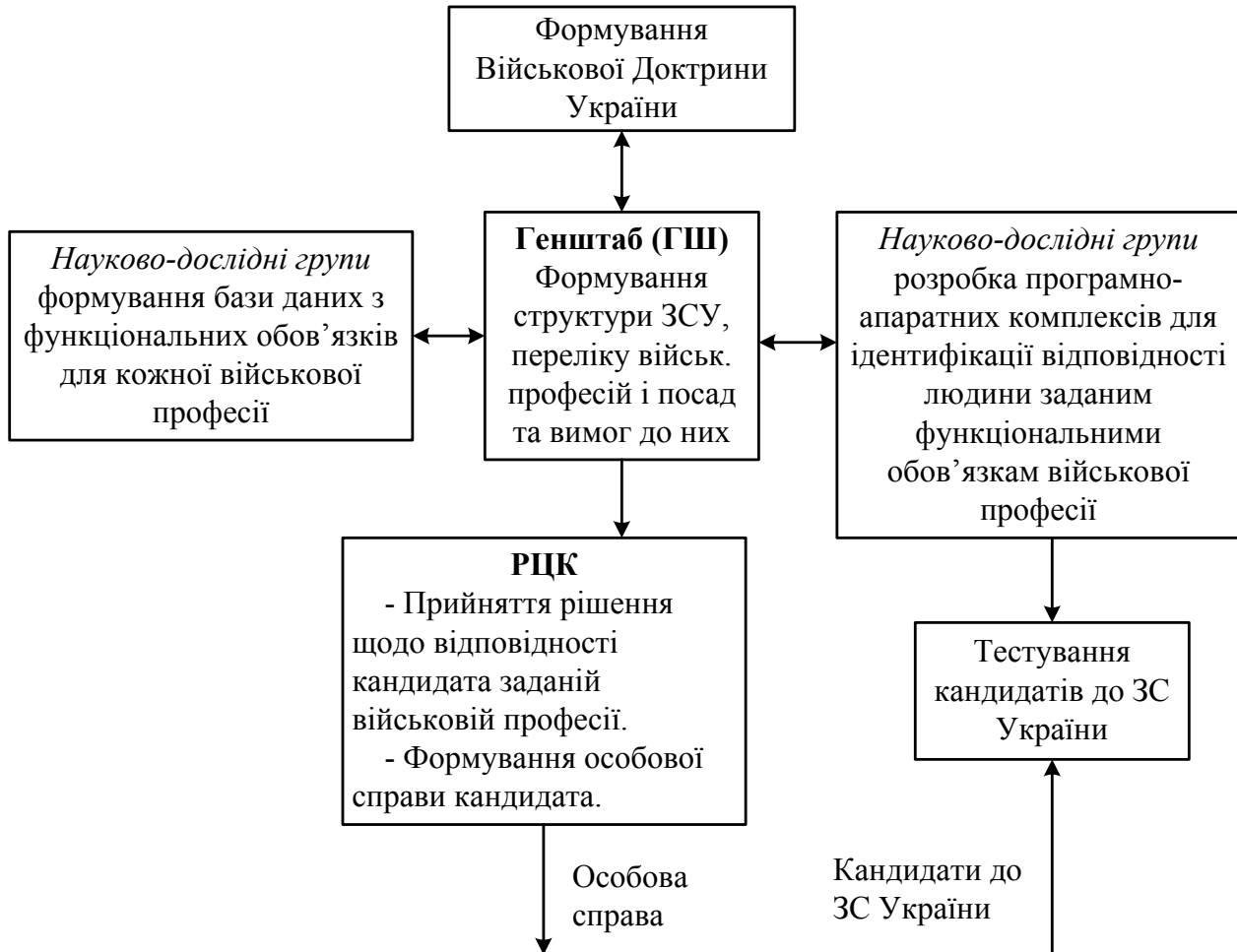


Рисунок 2.2 – Підсистема формування особової справи кандидата до ЗС України

Реалізація цієї підсистеми розпочинається із формування Військової Доктрини України. На її основі Генеральний Штаб (ГШ) формує перелік військових професій, основні вимоги до них та кількісний склад ЗС України за професійною ознакою. Інформація про основні вимоги до професійної діяльності передається до спеціалізованих науково-дослідних груп (які можуть функціонувати за межами ЗС – наприклад, в рамках ВНЗ), які, на основі цієї

інформації, формують перелік функціональних обов'язків для заданої військової професії і передають їх до ГШ.

ГШ направляє перелік функціональних обов'язків до інших науково-дослідних груп, задачею яких буде розробка або удосконалення існуючих програмно-апаратних комплексів для ідентифікації відповідності людини заданим функціональним обов'язкам військової професії. Відповідна апаратура та методики затверджуються Генеральним штабом (в тому числі за кількісними значеннями меж допуску до відповідних військових професій) та передаються до РЦК.

РЦК формує особову справу кандидата до ЗС та приймає рекомендації щодо відповідності кандидата заданій військовій професії. РЦК, з метою підвищення ефективності використання державних коштів та підвищення надійності прийняття рішень, залучає до тестування кандидатів до ЗС ті науково-дослідні групи та спеціалістів, які брали участь в розробці відповідних ПАК.

Результатом діяльності РЦК є особова справа.

Питання про повний перелік психофізіологічних параметрів та характеристик, які потрібні для прийняття рішення про вступ до ЗС України та про кар'єру військовослужбовця все ще залишається відкритим. Зрозуміло тільки, що сюди повинні ввійти параметри та характеристики, які свідчать про відповідність кандидата вимогам функціональних обов'язків в тій чи іншій військовій професії, стійкість кандидата до умов як підготовки до бою, так і бойових умов, стійкість кандидата до умов виконання обов'язків у мирний час, у складі миротворчих сил, у складі невеликих груп для виконання особливих завдань, вміння швидко та безпомилково приймати рішення в умовах інформаційної недостатності, лідерські якості тощо.

Велика частина цих характеристик може бути визначена за результатами тестів. При цьому умови проведення тестів повинні бути стандартизовані, а також допускати варіабельність у допустимих межах (наприклад, щоб отримати можливість визначити лабільність кандидата до певних умов діяльності, рівень відданості та патріотизму кандидата) тощо. Всі ці вимоги можуть бути виконані лише і тільки при використанні спеціально сформованих програмно-апаратних

комплексів, які забезпечують автоматичне застосування тестових систем, допускають налаштування та адаптацію до різних умов, а також здійснюють попередню обробку результатів.

Однією із важливих передумов успішної діяльності підрозділу, особливо, в екстремальних умовах є психологічна сумісність членів підрозділу. Як відомо, сумісність кандидатів визначається однаковістю сприйняття ними подій, відчуттям, взаємною симпатією, що передбачає оптимальне поєднання різних психологічних характерів (Ф. Д. Горбов, М. А. Новіков 1965; Р. Л. Кричевський, 1979; Н. Ф. Лукянова, 1981; В. А. Бодров та інші, 1984 і т.д.).

Формування колективу підрозділу на основі психології сумісності, а також інших критеріїв, наприклад, професійної придатності, пришвидшує адаптацію до умов проходження служби, сприяє збільшенню психічного і фізичного здоров'я військових, розвитку їх особистості, допомагає встановленню нормальних службових відносин, суттєво підвищує рівень військової дисципліни та ефективність виконання бойової задачі (Р. А. Кричевський 1979; Н. Н. Обозов, 1975; В. В. Цалобанов, 1984).

Одним із перших, хто створив автоматизовану систему комплектування військових підрозділів (АСКВП), були професор Л. Е. Поляков, та його колеги (1989 р.). Система передбачала: психологічне дослідження особового складу військових підрозділів, які є найкращими за результатами експертних оцінок командування; створення математико-статистичної моделі відносин психологічної сумісності військовослужбовців в конкретних умовах діяльності; побудову на основі моделі відповідного програмного забезпечення.

2.2 Моделювання психології поведінки спецпідрозділу в умовах екстремального оперативного контакту

Визначимо, з точки зору функціонального призначення і психічної сумісності, спецпідрозділ як спеціально створене на правовій основі об'єднання людей для спільної професійної діяльності, кожен із членів якого наділений конкретними функціональними обов'язками, і пов'язаний з іншими єдністю цілей та інтересів, взаємною відповідальністю, відносинами товариства і взаємодопомоги, виступає

при цьому носієм колективної свідомості, що створена цінностями і нормами цього об'єднання [37].

2.2.1 Інформаційно-структурні модель психології поведінки спецпідрозділу

Одним із показників професійної діяльності будь-якого колективу є його адекватність та ефективність, яка в свою чергу обумовлена внутрішньою психологією колективу. Структура психології спецпідрозділу включає такі складові: психологічна сумісність; психологічний клімат; способи ділового (професійного) спілкування; міжособистісні відносини і конфліктність.

Психологія професійного спілкування передбачає вміння розбиратися в людях і будувати на цій основі взаємовідносини з членами колективу. Обов'язковим елементом такого спілкування і взаємодії повинна бути можливість виміряти якісно і, по можливості, кількісно міру (глибину, рівень) існуючих взаємовідносин. З цією метою вперше побудована інформаційно-логічна модель психології поведінки спецпідрозділу в умовах оперативного контакту, яка враховує інформаційно-обумовлені і логічно обґрунтовані компоненти її структури, такі як: психологія професійного спілкування, міжособистісні відносини, психологічна сумісність та її похідна – психологічний клімат, – і забезпечує можливість якісного і кількісного визначення рівня психоемоційної стійкості такого підрозділу [37].

Структура моделі представлена на рисунку 2.3.

Міжособистісні відносини членів підрозділу передбачають багаторівневий процес встановлення і розвитку контактів, обумовлених потребою спільної професійної діяльності для досягнення поставленої мети.

Важливим компонентом психології спецпідрозділу та одночасно визначальним фактором формування і підтримки психологічного клімату є психологічна сумісність, яку можна визначити як сукупну здатність членів колективу до плідної та ефективної спільної діяльності внаслідок оптимального поєднання їх характерів.

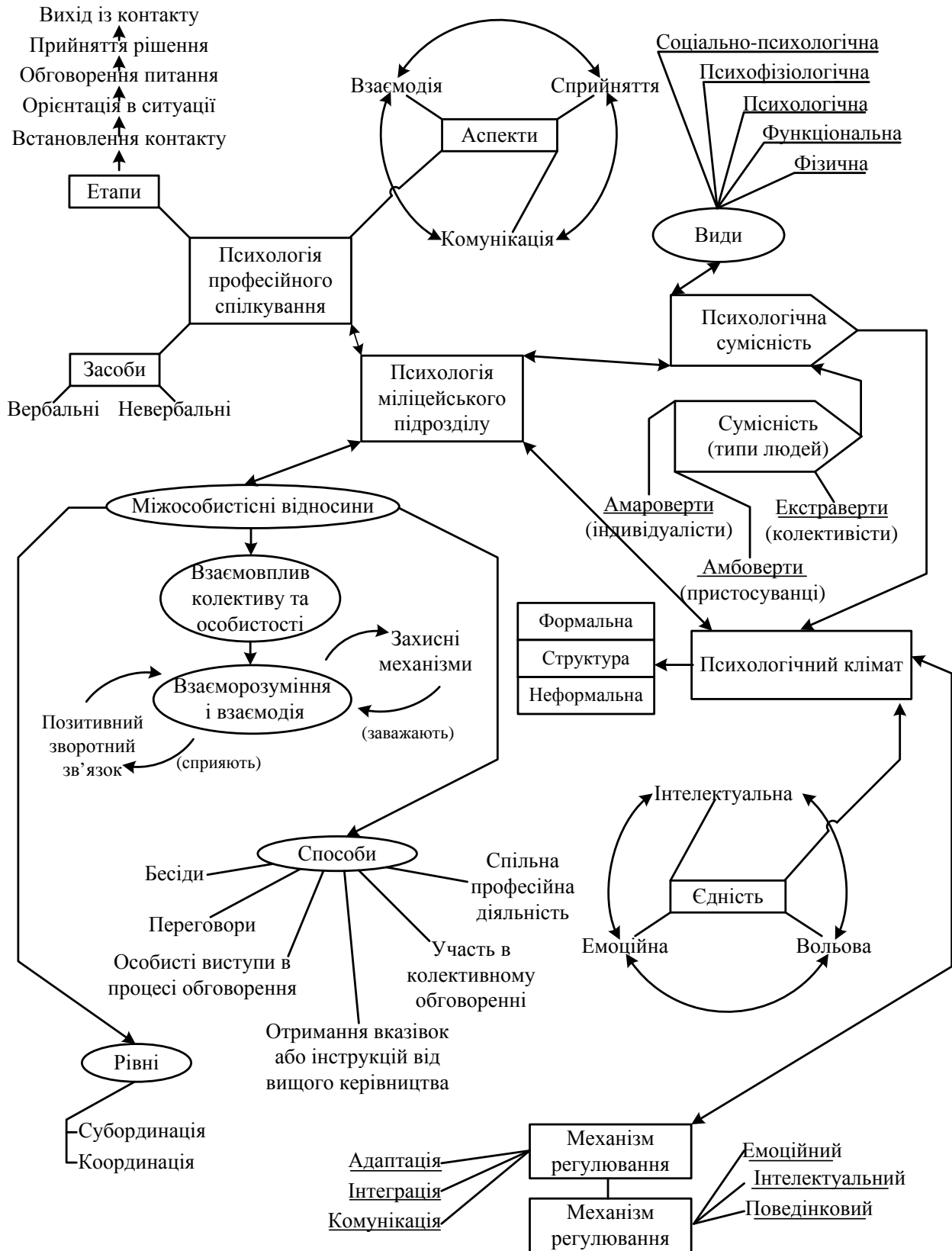


Рисунок 2.3 – Інформаційно-структурна модель психології поведінки спецпідрозділу в умовах оперативного контакту

В свою чергу, психологічний клімат підрозділу є свого роду похідною від психологічної сумісності і представляє собою психічну атмосферу поєднання інтересів колективу та кожного із його членів, який встановлюється в результаті

дії психологічних механізмів діяльності і регулювання колективної діяльності в умовах тривимірної єдності (див. рис. 2.3).

Невід'ємною частиною діяльності будь-якого колективу людей є конфліктна ситуація або конфлікт – протиріччя, що обумовлено дією зовнішніх ризиків і, як наслідок, викликане тимчасовою несумісністю поглядів, інтересів, цілей і потреб членів колективу, що перешкоджає виконанню поставленої задачі і супроводжується негативними психоемоційними проявами. На основі даного визначення запропоновано інформаційно-структурну модель конфліктної ситуації, яка за результатами аналізу причин, стадій, видів і структури конфлікту визначає можливі наслідки її не вирішення, а головне, формує шляхи і способи усунення або, як мінімум, зменшення можливих негативних наслідків конфлікту (рис. 2.4).

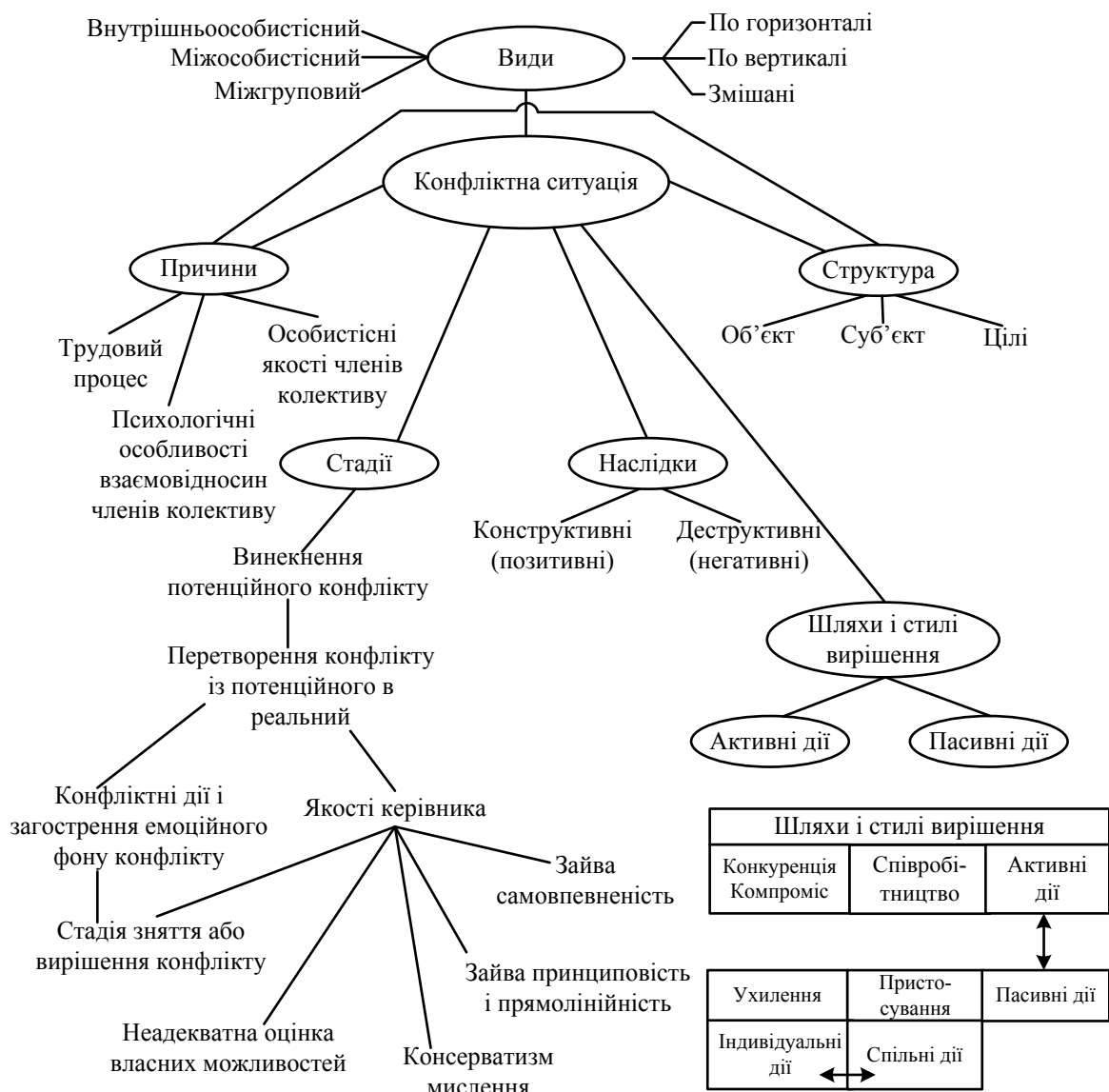


Рисунок 2.4 – Інформаційно-структурна модель конфліктної ситуації

Запропонована інформаційно-структурна модель конфліктної ситуації визначає дві основні стратегії поведінки сторін для врегулювання конфлікту: кооперацію, коли здійснюється орієнтація на інтереси і потреби інших членів, пошук спільних інтересів тощо; настирливість, коли орієнтація направлена на власні інтереси, досягнення власних цілей тощо.

Для врегулювання або вирішення конфліктної ситуації з найменшими психоемоційними наслідками для його учасників бажано створити таку сукупність конструктивних факторів: адекватне та об'єктивне сприйняття конфлікту, коли оцінювання власних і протилежних намірів і дій здійснюється без особистої пристрасті та антагонізму; відкрите обговорення – чесна дискусія, реальна готовність до вирішення конфлікту по суті, спільний пошук шляхів виходу із конфліктної ситуації; бажання сторін створити атмосферу довіри, доброзичливості, співпраці і відвертості.

Фізична і психологічна єдність спецпідрозділу можливі лише за умов високої згуртованості, яку за А. Петровським, можна характеризувати трьома рівнями [37]:

перший – в основі згуртованості лежить розподіл між усіма членами загальних цілей колективної діяльності;

другий – згуртованість виражається у спільних цінностях членів підрозділу, пов'язаних із процесами комплексної діяльності;

третій – згуртованість базується на емоційних контактах членів групи.

Велике значення в досягненні високої психологічної сумісності має визначення стилю керівництва на різних етапах створення і діяльності команди (табл. 2.1).

Для згуртування підрозділу командир повинен:

– визначати правильно організаційну структуру команди, підібрати її склад, розподілити функції та обов'язки;

– своєчасно планувати, розподіляти і координувати роботу;

– чітко пояснювати цілі і завдання;

– долати перешкоди;

– забезпечувати активність членів підрозділу;

– забезпечувати підтримку з боку керівництва, формувати позитивний імідж команди.

Таблиця 2.1 – Стили керівництва на різних етапах створення команди

Етапи створення команди	Ознаки ефективної команди	Поведінка і стиль керівництва
Формування – підрозділ визначає цілі, композицію, зразок керівництва	Чіткі цілі і завдання	Спрямовування: організувати і спрямувати роботу членів підрозділу, мотивувати їх, намітити цілі і шляхи виконання завдання
Подолання труднощів: конфлікт початку, виявляються приховані плани дій	Усвідомлення взаємозалежності	Підтримка: встановлення високих стандартів, спільне виконання завдання, оцінка роботи і особиста участь
Формування норм – підрозділ встановлює ступінь відкритості і довір'я	Відданість і довіра	Інструктаж: дозвіл іншим впорядкувати свою роботу, виділяти і підтримувати успіх
Прояв себе – підрозділ сформований, почалось виконання завдання	Розподіл потенціалу	Делегування: розподіл відповідальності за виконання завдання, є можливість членам команди виконувати завдання, контроль і обмеження своєї участі

Показник згуртованості команди спецпідрозділу визначається шляхом визначення коефіцієнтів взаємності G , конфліктності V і нейтральності N . Значення кожного коефіцієнта встановлюють від 0 до 1.

Також використовується коефіцієнт поправок K , який вираховується таким чином

$$K = \frac{A}{B}, \quad (2.1)$$

де A – загальна кількість членів команди;

B – кількість членів команди, охоплених опитуванням (що пройшли тестування).

$$G = \frac{\sum M_{(+)} \cdot K}{A(A-1)}, \quad (2.2)$$

де $\sum M_{(+)}$ – сума позитивних виборів (хотів би працювати разом);

K – коефіцієнт поправки;

A – загальна кількість членів команди.

$$V = \frac{\sum M_{(-)} \cdot K}{A(A-1)}, \quad (2.3)$$

де $\sum M_{(-)}$ – сума негативних виборів (не хотів би працювати разом).

$$N = \frac{\sum M_{(0)} \cdot K}{A(A-1)}, \quad (2.4)$$

де $\sum M_{(0)}$ – сума невизначених виборів.

Коефіцієнт психологічного клімату підрозділу визначається за такою формулою:

$$P_K = \frac{\sum_{j=1}^G O_{i\phi}^j}{O_{\max}}, \quad (2.5)$$

де $O_{i\phi}^j$ – індивідуальна фактична оцінка на одне із шести запитань опитувальника в діапазоні від 1 (найнижча) до 5 (найвища);

i – номер члена команди;

j – номер питання опитувальника;

O_{\max} – сумарна максимальна оцінка за шість запитань (дорівнює 30).

Опитувальник має такий вигляд [37]:

1. Як Ви оцінюєте відносини між членами підрозділу? 2. Як Ви оцінюєте відносини членів команди з безпосереднім керівником? 3. Як Ви оцінюєте відносини членів команди з керівником Управління МВС? 4. Чи можуть члени команди відверто висловити свою думку з будь-якого питання життя колективу?

5. Чи прислуховується підрозділ до Вашої особистої думки? 6. Чи рахується керівництво Управління з думкою команди підрозділу?

Для підвищення об'єктивності оцінювання згуртованості підрозділу, і відповідно, психологічного клімату, пропонується в формулу (2.1) ввести коефіцієнт комфортності, який за аналогією із (2.2) може бути визначений таким чином

$$K_Z^j = \frac{1}{A_j} \sum K_{iz}^j, \quad i, z = 1 \dots A_j, \quad (2.6)$$

де i – номер члена команди;

j – номер питання опитувальника;

A – загальна кількість членів команди;

K_{iz}^j – оцінка i -м членом команди рівня комфортності z -го члена команди при його відповіді на j -те питання опитувальника.

Тоді кінцевий вираз для визначення коефіцієнта психологічного клімату команди підрозділу буде мати такий вигляд

$$P_K = \frac{\sum_{j=1}^G O_{i\phi}^j}{O_{\max}} K_Z^j. \quad (2.7)$$

Таким чином, введення коефіцієнта комфортності забезпечує більш високий рівень об'єктивності у визначенні рівня психологічної сумісності членів команди міліцейського підрозділу.

2.2.2 Ідентифікація психоемоційного стану бійців спецпідрозділу як елемент зворотного зв'язку

Психологічні технології ведення бою розглядаються як неминуче явище сучасних бойових дій або «мирних» конфліктів, важливого та ефективного засобу досягнення тактичних оперативних та стратегічних цілей. Таким чином, виникає задача щодо розробки методів для ідентифікації психоемоційного стану бійця спецпідрозділу як елемент системи зворотного зв'язку.

В [12, 38, 39] наведено низку психофізіологічних характеристик, які визначають психоемоційний стан бійця спецпідрозділу. Це такі ендogenous характеристики як: температура тіла бійця, ЧСС, шкірно-гальванічна реакція, тиск (нижнє та верхнє значення). До екзогенних характеристик відносяться, наприклад, температура довкілля, вологість, погодні умови тощо.

Очевидно, що ендogenous характеристики бійця будуть залежати від бойового порядку, в якому він використовується, а також від рівня наближення ситуації до бойової. Варіації цих характеристик будуть залежати також від початкового стану бійця: наприклад, втомлений боєць виконуватиме завдання по-іншому (при цьому втома може бути як фізична, так і психологічна чи емоційна).

Таким чином, розглянемо типову характеристику бійця ${}^t x_{n,i}^k$ в процесі тренування. Тут індекс k характеризує вид бойового елемента (наприклад, назву елемента, – див., напр. [12, 14], а також бальну оцінку успішності його виконання, яку виставляє експерт або група експертів, тощо), n маркує бійця (це може бути прізвище, кличка (для бійців деяких спецзагонів), ідентифікаційний номер тощо), i визначає екзогенні параметри (наприклад, характеристики довкілля, тип обстановки (наприклад, поле, будинок, специфіка виду тренування) тощо).

За умов бойової обстановки цю ж характеристику бійця будемо позначати як ${}^w x_{n,i}^k$.

Опишемо методику прогнозування рівня ефективності діяльності бійця в умовах бойової операції, порівнюючи його психофізіологічні характеристики, отримані під час тренування, із психофізіологічними характеристиками, які мають місце на стадії розгортання бойової операції.

Для цього потрібно мати відповідну базу знань, яка є надбудовою бази даних, сформованою в результаті моніторингу психофізіологічних характеристик бійця під час тренувань.

Зафіксуємо індекс k , тобто вид бойового елемента та отриману за його виконання оцінку, а також індекс i (тобто екзогенні параметри). Зафіксуємо також конкретного бійця, тобто індекс n . В подальшому їх будемо упускати.

Таким чином, в процесі тренування буде отримано такий ряд даних (індекс s буде маркувати порядковий номер виконання бійцем бойового елемента в тренуваних умовах, які описані вище):

$$\{ {}^t x_s \}. \quad (2.8)$$

Для цього ряду сформуємо такі статистичні характеристики: середнє значення $\langle {}^t x \rangle$ та середньоквадратичне відхилення Δx . В результаті ряд (2.8) буде характеризуватися такими параметрами.

$$\left\{ \begin{array}{l} \langle {}^t x \rangle = \frac{1}{S} \sum_{s \in S} {}^t x_s; \\ \Delta x = \sqrt{\frac{1}{S} \sum_{s \in S} ({}^t x_s - \langle {}^t x \rangle)^2}; \\ E = \frac{\Delta x}{\langle {}^t x \rangle}; \\ I_b = \frac{2 \cdot \Delta x}{\Delta_{k(b)}}. \end{array} \right. \quad (2.9)$$

Останній показник в (2.9) є відношенням середньоквадратичного відхилення показника бійця до усередненої величини інтервалу для цього показника. Його можна розрахувати як модуль різниці між усередненими значеннями цього показника для попереднього балу за виконання цього бойового елемента та наступного балу за виконання цього бойового елемента. Для граничних балів береться найменше (найбільше) значення цього показника.

Власне, саме показник I_b та ще порівняння значення $\langle {}^t x \rangle$ із значеннями цього показника для попереднього та наступного балів за виконання цього бойового елемента, можна використовувати як об'єктивні характеристики для визначення рівня тренуваності бійця.

При цьому оптимальними визначатиметься параметри того бійця, у якого $I_b < 1$, а також задовольняються наступні нерівності $\langle {}^t x_b \rangle + \Delta x_b < \langle {}^t x_{b+1} \rangle$ та $\langle {}^t x_{b-1} \rangle < \langle {}^t x_b \rangle - \Delta x_b$.

Прогнозування рівня успішності виконання бойового елемента в бойових умовах.

В загальному випадку для прогнозу успішності виконання бойового елемента в бойових умовах можна використати трибальну шкалу: відмінно, задовільно, провал. Кожен із балів позначимо як A_i , $i=1, 2, 3$.

Для тренувальних умов застосуємо таку ж трибальну шкалу H_j , $j=1, 2, 3$.

Відмітимо, що кожна із сукупностей подій A_i та H_j складає повну систему подій [40].

Тренувальні умови є для бійця основним типом його діяльності, тоді як бойові – швидше винятком (практично, на одну одиницю часу в бою припадає багато одиниць часу тренувань).

Оскільки нас цікавить рівень успішності виконання заданого бойового елемента в бойових умовах, то для прогнозування цього рівня доцільно використати схему Байєса (рівняння Байєса) [40].

$$P(H_j | A_i) = \frac{P(H_j) \cdot P(A_i | H_j)}{\sum_{j=1}^3 P(H_j) \cdot P(A_i | H_j)}, \quad (2.10)$$

де $P(H_j)$ – ймовірність бійця отримати оцінку j за виконання бойового елемента в процесі бою;

$P(H_j/A_i)$ – ймовірність бійця отримати оцінку j в процесі бою за умови, що під час попереднього тренувального виконання він отримав оцінку i ;

$P(A_i/H_j)$ – умовна ймовірність бійця виконати бойовий елемент під час тренування на оцінку i за умови, що під час бою він виконав цей елемент на оцінку j .

Таким чином, формула (2.10) дозволяє здійснити прогноз рівня виконання бойового елемента бійцем під час бойової обстановки, знаючи результати його тренувань цього бойового елемента. Формула (2.10) використовується для корекції прогнозних значень з урахуванням як попереднього бойового досвіду бійця, так і його результатів під час тренувань.

Важливою є та обставина, що формула (2.10) може бути використана також і для прогнозування рівня ефективності тренувальної діяльності бійця (що дозволяє оцінити ефективність тренувального процесу) – для цього потрібно

здійснити заміну $A_i \leftrightarrow H_j$. Це є можливим внаслідок того, що, як вже відмічено вище, кожна із сукупностей подій A_i та H_j складає повну систему подій.

Отримані результати дозволяють зв'язати між собою психофізіологічні характеристики бійця та рівень успішності виконання ним бойового елемента як під час тренувань, так і під час бою.

2.2.3 Математична модель опису діяльності бійців у складі спецпідрозділу

В [12] і [13] розроблено систему отримання командиром підрозділу об'єктивної інформації про рівень готовності бійця до виконання поставлених завдань та структурну схему організації діяльності спецпідрозділу, що підвищує не тільки загальну ефективність управління спецпідрозділом, але дозволяє здійснювати оперативне формування бойової групи. Це можливе за використання математичних методів для опису діяльності бійців, що дозволяє одержати точніші висновки і рекомендації щодо психоемоційного стану як бійця, так і бойової групи в цілому [41].

Моделювання діяльності бійця спецпідрозділу як детермінованого кінцевого автомата є вкрай привабливим внаслідок своєї функціональності. Дійсно, командир підрозділу чи керівник операції не усвідомлено оперує саме такими семантичними моделями при здійсненні бойової операції.

Детермінований кінцевий автомат (ДКА) визначається таким кортежем [42].

$$A = \{Q, \Sigma, \delta, q_0, F\}, \quad (2.11)$$

де A – ім'я детермінованого кінцевого автомата;

Q – множина станів автомата;

Σ – кінцева множина вхідних символів;

$\delta = \delta(q, a)$ – функція переходу автомата (тут $q \in Q, a \in \Sigma$);

$q_0 \in Q$ – початковий стан автомату;

$F \subset Q$ – множина фінальних (дозвільних) станів автомата.

При моделювання бійця спецпідрозділу як детермінованого кінцевого автомата смисл та наповнення параметрів кортежу (2.11) буде таким.

Q – це множина станів бійця. Насамперед це характеристики градацій рівня виконання ним бойового завдання на заданій стадії розгортання операції;

q_0 – початковий стан бійця (його стан перед початком операції);

$F \subset Q$ – набір фінальних станів бійця. Це може бути, наприклад, допуск його до продовження поточної діяльності (вже на іншій стадії розгортання бойової операції), можливість (або доцільність) його переміщення на інший вид діяльності під час операції (наприклад, переведення його із активної позиції на пасивну тощо), зміна його персонального завдання, виведення його із операції (на деякий термін або зовсім) тощо. Набір фінальних стадій бійця задається командиром підрозділу (керівником операції) перед початком операції;

Σ – вхідний алфавіт, який складається із зовнішніх та внутрішніх по відношенню до бійця характеристик розгортання та перебігу бойової обстановки. Зокрема, в нього входять характеристики, які виражають індивідуальні особливості сприйняття бійцем бойової ситуації (включаючи ретроспективний та проспективний прогноз);

$\delta = \delta(q_{i-1} \rightarrow q_i, a)$ – функція переходу бійця від одного стану (q_{i-1}) до іншого (наступного – q_i). Найчастіше вона використовується при переході від попередньої стадії бойової операції до наступної (тобто аналізується перед наступною стадією з урахуванням стану бійця на попередній стадії).

Набір фінальних стадій ДКА для бійця повинен розкладатися у пряму суму підстанів F_i , кожен із яких відповідає тому чи іншому способу його використання в бойовій обстановці.

$$F = \bigoplus F_i, \quad \forall i \neq j: F_i \cap F_j = 0. \quad (2.12)$$

Якщо перед наступною стадією боєць знаходиться у стані $q_i \in F_j$, то його використання у подальшому перебігу бойової операції може бути тільки в рамках цього фінального стану.

Метод для агрегації станів бійців при їх колективній діяльності.

Для практичного застосування отриманих результатів можна ввести на множині станів бійця $q_i \in Q$ ймовірність $p(q_i)$ перебування бійця у стані q_i перед

початком наступної стадії операції. В цьому випадку на множині фінальних підстанів F_i індукується ймовірність $p(F_i)$ для використання бійця у відповідному *фінальному* стані. Тоді командир підрозділу (керівник операції) має можливість вибрати оптимальний спосіб подальшого використання бійця в операції.

Наведена вище модель бійця як ДКА також дозволяє командирі підрозділу (керівнику операції) здійснити прогнозування рівня ефективності спільної діяльності бійців.

Здійснити це можна декількома різними способами. Нижче буде описано метод агрегації індивідуальних показників психоемоційного стану бійця до одного інтегрального показника, який характеризує рівень ефективності виконання завдання групою бійців.

Введемо усереднену ймовірність p_n^k для перебування n -го бійця в k -му фінальному підстані за такою формулою (K – загальна кількість станів у цьому фінальному підстані).

$$p_n^k = \frac{1}{K} \sum_{q_i \in F_i} p_n(q_i). \quad (2.13)$$

Тоді найбільш ефективно завдання виконуватиме група із саме тих m бійців, які максимізують такий вираз.

$$\max_{n \in N} \left\{ \sum_m p_n^k \right\}. \quad (2.14)$$

В (2.14) операція максимізації здійснюється за всіма можливими на даний момент складами групи із m бійців (коли кількість «вільних» бійців перевищує або дорівнює m).

Аналіз моделі Ланчестера в її модернізації А. А. Самарским та А. П. Михайловим [43] дозволив нам застосувати її для оптимізації оцінки рівня виконання бойової задачі заданим підрозділом з урахуванням умов конкретної ситуації.

Динаміка чисельності визначається такими факторами:

1. швидкість зменшення чисельності складу бойової групи із причин непов'язаними з бойовими діями (хвороби, травми, дезертирство тощо);

2. темпом втрат, зумовленим психофізіологічним перевантаженням (які, в свою чергу, визначаються якістю стратегії і тактики, рівнем морального духу, професіоналізмом тощо).

Позначимо через $N_1(t)$ – кількість бійців у бойовій групі 1, $N_2(t)$ – у бойовій групі 2.

Враховуючи вище наведені фактори для $N_1(t)$ і $N_2(t)$ модель А. А. Самарського та А. П. Михайлова буде мати вигляд

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = -\alpha_1(t) \cdot N_1(t) - \beta_2(t) \cdot N_2(t); \\ \frac{dN_2}{dt} = -\alpha_2(t) \cdot N_2(t) - \beta_1(t) \cdot N_1(t). \end{cases} \quad (2.15)$$

В (2.15) коефіцієнти $\alpha_{1,2}(t) \geq 0$ – характеризують швидкість втрат в силу звичайних (не бойових) причин, $\beta_{1,2}(t) \geq 0$ – темпи втрат із-за психоемоційного напруження.

Для аналізу ефективності певної бойової групи у найпростішому випадку для короткострокової кампанії (тимчасові заворушення) отримуємо формулу

$$\beta_1 N_1^2(t) - \beta_2 N_2^2(t) = \beta_1 N_1^2(0) - \beta_2 N_2^2(0) = X. \quad (2.16)$$

При $X > 0$ ефективнішою буде бойова група 1, при $X < 0$ ефективнішою буде бойова група 2, у випадку $X = 0$ бойові групи однаково ефективні.

Це дозволяє прогнозувати ефективність діяльності підрозділу, яка залежить від кількості бійців та їх психоемоційного напруження.

Цю математичну модель можна адаптувати до довільних методик тестування та співбесіди правильно проаналізувавши і задавши параметри моделі.

2.3 Розроблення методу моніторингу психоемоційного стану бійців при управлінні спецпідрозділом

За роки незалежності в Україні суттєво змінилися вимоги до діяльності спецпідрозділів як структур МВС, так і структур МО. Наприклад, акти непокори, що відбуваються в Україні, свідчать, що заходи з запобігання заворушенням або злочинам, охорони здоров'я населення або захисту прав і свобод громадян, які покладаються на силові структури та спецпідрозділи внутрішніх військ МВС України, все частіше переростають у збройні сутички. А це вимагає, з одного боку, швидкого придушення агресії, а з іншого боку, унеможливити провокаційні дії, направлені на бійців спецпідрозділів.

Відомо, що знання психофізіологічного профілю співробітника МВС дозволяє передбачити досить великий обсяг параметрів, які характеризують його діяльність [32, 37, 44]. Однак пакет тестів для відповідного програмно-апаратного комплексу вимагає проведення дослідження, яке займає досить довгий проміжок часу.

Разом із тим, саме для діяльності спецпідрозділів є характерним швидке розгортання подій, яке супроводжується, у низці випадків, емоційним супроводом подій співробітниками. До того ж підкреслимо, що існують спеціальні технології, орієнтовані якраз на те, щоб викликати у бійців та/чи командирів спецпідрозділу емпатійний емоційний стан: завдяки цьому бійці/командири переходять (самі часто це усвідомлюючи під час розгортання ситуації) до статусу учасників, – приймаючи якраз саме ті рішення, на які й розраховує провокуюча сторона.

Ці обставини свідчать про потребу в розробленні методу дистанційного моніторингу психоемоційного та психофізіологічного стану бійців спецпідрозділів, з метою визначення тих із них, для яких виконання поставленого завдання є неможливим.

Сутність запропонованого методу полягає в організації і забезпеченні дистанційного контролю психоемоційного та психофізіологічного стану бійців

спецпідрозділів різних силових структур, в тому числі Внутрішніх військ МВС України під час виконання поставлених перед ним завдань, який забезпечить адекватне ситуації функціонування спецпідрозділу, підвищить рівень його боєздатності, що в свою чергу відобразиться на якості виконання поставленого завдання та знизить кількість постраждалих як серед бійців, так і серед цивільного населення.

Реалізацію методу розглянемо на прикладі декількох типових для діяльності спецпідрозділів МВС та МО сценаріїв їх використання [13].

1. Поліцейська операція.

Мета: протидія санкціонованим/несанкціонованим виступам громадян.

Розглянемо стандартну ситуацію діяльності підрозділу внутрішніх військ МВС України в рамках санкціонованого зібрання громадськості. Тут велике значення має, наприклад, поточна індивідуальна стійкість бійця/командира по відношенню до провокаційних дій з боку мітингувальників.

За основу візьмемо ситуацію, характерну для сьогоденної України: одночасні мітинги партій крайнє правого та крайнє лівого спрямування, які проводяться в безпосередній близькості один від одного.

В цих умовах перебіг санкціонованого зібрання, в низці випадків, може визначити саме індивідуальну стійкість бійців які (піддаються/не піддаються) провокаціям. При цьому необхідно врахувати, що у бійців/командирів є власна індивідуальна система громадських цінностей, яка визначає їх психоемоційну та психофункціональну стійкість по відношенню до різних громадських зібрань (наприклад політичні переваги, спортивні уболівання, релігійні уподобання, симпатії до конкретних учасників громадських зібрань тощо).

Для несанкціонованих громадських зібрань крім зазначених вище причин індивідуального та поточного характеру додається наприклад емоційна емпатія, переживання невиправданих очікувань («не обійшлося») тощо.

2. Миротворча операція.

Мета: силами зведеного спецпідрозділу МО України запобігти проявам порушення громадського спокою (включаючи і терористичні акти) в Україні чи в іншій країні у складі сил міжнародного миротворчого контингенту [45].

Передусім підкреслимо, що ця діяльність виконується професійно невідготовленими військовослужбовцями: вони за родом своєї діяльності заперечують їх використання саме в акціях поліцейського характеру. Задача військовослужбовця фізично знищувати противника, тоді, як завдання поліцейської операції має на меті збереження життя представників всіх сторін, при одночасному вирішенні конфлікту.

Відсутність психологічної, емоційної, та фізіологічної стійкості до діяльності поліцейського характеру (військовий «своїх» захищає, всіх інших «знищує»: саме цьому його вчили довгі роки!) приводить до того, що військовослужбовець відразу попадає в умови високого психоемоційного та психофізіологічного перенапруження. Наприклад, коли військовослужбовець потрапляє під обстріл, його функціональні обов'язки вимагають фізичного знищення супротивника. В той же час під час миротворчої операції військовослужбовець в більшості випадків не повинен застосовувати зброю (навіть як попередження).

Діагностика і моніторинг під час операцій з подальшим вилученням чи ізоляцією (повною чи частковою) «ненадійних» бійців/командирів є необхідною запорукою для оптимального виконання операції. Також це є необхідною складовою підвищення ефективності операцій, що проводяться миротворчими структурами.

Слід також сюди віднести емоційну напруженість при формуванні зведених миротворчих груп, бійці/командири в яких належать до різних держав, расових та релігійних переконань.

Аналогічні вимоги щодо психоемоційної стійкості бійців/командирів висуваються і для інших стандартних сценаріїв діяльності спецпідрозділів МВС

чи МО (звільнення заручників, взяття під варту озброєних злочинців, супровід ув'язнених тощо).

На рисунку 2.5 наведено структурну організацію методу моніторингу діяльності спецпідрозділу в умовах проведення операції.

Де позначено:

КО – командир операції;

КПр_i – командир *i*-го підрозділу (на структурній схемі $i=1, 2, \dots$);

КВ_{к,i} – командир *k*-го взводу *i*-го підрозділу;

КГрЗСЗ – командир групи застосування спеціальних засобів;

КІСГр – командир інженерно-саперної групи;

Б_{i,k,j} – *j*-й боєць *k*-го взводу *i*-го підрозділу;

Б_{1,m} – *m*-й боєць взводу застосування спеціальних засобів;

Б_{2,n} – *n*-й боєць інженерно-саперного взводу;

ОнК – оператор програмно-апаратного комплексу (ПАК) для моніторингу психоемоційного та психофізіологічного стану бійців (МПЕПФС).

Працює метод таким чином:

- оператор має повну інформацію про розгортання операції/дії підрозділу, діяльність бійців якого він контролює;

- оператор відслідковує психоемоційний та психофізіологічний стан бійців, визначає бійців, показники функціонування яких знаходяться за межами граничнодопустимих рівнів психоемоційного та психофізіологічного стану, допустимих для виконання поставленої задачі (ці межі є індивідуальними для кожного бійця/командира і зберігаються у відповідній базі даних/знань);

- оператор повідомляє командиру операції чи командиру відповідного підрозділу (визначаються відповідним наказом) про бійців, стан яких близький/вийшов за межі допустимих значень;

- командир операції/командир підрозділу приймає рішення щодо можливості та рівня використання тих бійців про яких йому доповів оператор, при необхідності проводить перегрупування сил та/або зміну тактики (стратегії) операції;

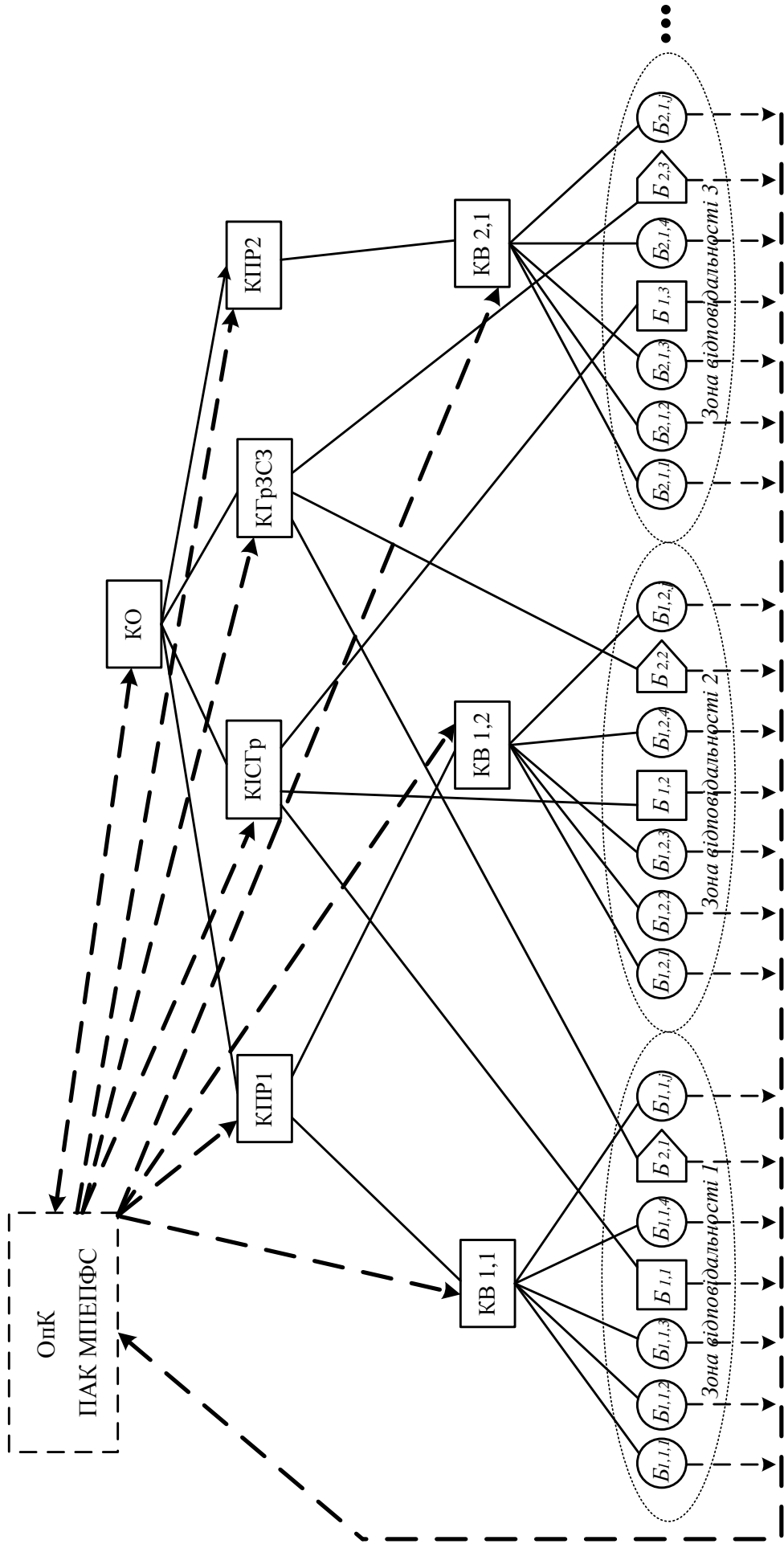


Рисунок 2.5 – Структурна організація методу моніторингу діяльності спецпідрозділу

- командир операції/ підрозділу повідомляє оператору про перегрупування підрозділу та/чи зміну тактики;
- оператор розташований за межами простору дії операції та має постійний канал/канали зв'язку з командиром операції/підрозділу;
- режим діяльності та інформування оператора протягом операції визначається спеціальним наказом. Зокрема, це стосується інформації, що стосується перебігу операції і може надаватися оператором командиру операції/підрозділу.

Запропонований метод дозволяє утворити цикл від'ємного зворотного зв'язку: бійці → оператор → командир операції → командир підрозділу (взводу) → бійці, в якому саме наявність ПАК МПЕПФС забезпечує можливість встановлення швидкого зворотного зв'язку, який не заважає перебігу операції.

На рисунку 2.6 показано цей зворотний зв'язок, який був відсутній в усіх раніше застосовуваних формах та сценаріях організації діяльності спецпідрозділів МВС та МО України. Внаслідок браку інформації щодо зміни тактико-технічних характеристик підрозділу або відмови бійців/командирів (зміни психоемоційного стану конкретних бійців/командирів), виконувати поставлену задачу, командир операції змушений був орієнтуватися у своїх рішеннях на ті тактико-технічні характеристики спецпідрозділу, які були до початку операції. Звичайно, про оптимальність та адекватність діяльності спецпідрозділу в таких умовах нічого було й говорити.

Таким чином:

- наявність зворотного зв'язку (рис. 2.6) дозволяє не тільки здійснювати більш ефективно управління діяльністю спецпідрозділу, але й вирішувати ряд низку нових задач (наприклад, здійснювати оперативне формування спецпідрозділів із бійців/командирів із визначеними для заданої операції психоемоційними характеристиками);
- виділено клас сценаріїв діяльності спецпідрозділів МВС та МО України, які характеризуються специфічними вимогами до рівня психоемоційної стійкості бійців/командирів;

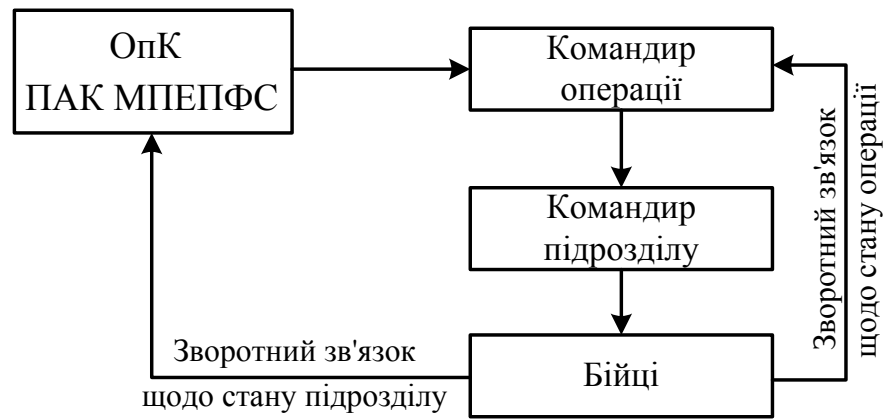


Рисунок 2.6 – Схема організації зворотного зв'язку при діяльності спецпідрозділу

- розроблено структурну організацію методу контролю за діяльністю спецпідрозділу в умовах проведення операції із використанням моніторингу психоемоційного стану бійців/командирів;

- доведено, що розроблений метод дозволяє вводити і реалізовувати зворотний зв'язок при управлінні спецпідрозділом, що суттєво підвищує рівень ефективності виконання ними бойових задач [13].

2.4 Вибір та обґрунтування інформаційних ознак і структурно-функціональна організація системи дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів

Відомо, що головна проблема психотерапії полягає не в управлінні пацієнтом через спеціальні впливи, а в тому, як управляти, не управляючи. Необхідно забезпечити не зовнішнє управління, а самокерований розвиток людини.

Синергетичні підходи дозволяють зрозуміти роль правильних точкових, резонансних впливів для адекватного відновлення (адаптації) і розвитку, для вибору найкоротших шляхів до ефективного впливу. При такому підході необхідно знати не тільки структуру особистості людини та його можливі психологічні розлади, але і цілі, цінності, погляди в майбутнє, враховувати вплив – протидію мікросоціального середовища [46].

Як вважає Н. Вачик (1965), довгострокове застосування психоаналітичних процедур може призвести до послаблення волі людини. Його фіксації на інших

переживаннях і поступового перетворення людини в особистість, яка нездатна чинити опір справжнім життєвим труднощам. Враховуючи зазначене можна зробити чіткий висновок: при вирішенні завдань дистанційного моніторингу ФС бійців спецпідрозділів під час екстремального оперативного контакту психологічний відбір і подальший поточний контроль їхнього ФС необхідно починати з визначення типу особистості конкретного бійця, його можливих психопатологічних розладів і рис характеру, орієнтованих на мотивацію, концентрацію та акцентування на виконанні наказу.

Найбільш наближеним до таких задач за своєю сутністю є тест Дж. Олдхема і Л. Моріс «Визначення типу особистості», який передбачає визначення сформульованої тріади завдань психологічного відбору, адаптований до реалій українського суспільства і такий, що пройшов всебічну адаптацію і перевірку в системі Міністерства внутрішніх справ України [31].

Застосовувати запропонований тест для завдань дистанційного моніторингу необхідно за удосконаленим алгоритмом. Орієнтовна структура такого узагальненого алгоритму представлена на рисунку 2.7.

Зрозуміло, що запропонований алгоритм може бути застосований тільки на етапах відбору та періодичного контролю, наприклад перед початком ЕОК (екстремально-оперативний контакт). В той же час, в процесі екстремального оперативного контакту необхідно здійснювати моніторинг функціонального стану бійців, віднесених до II чи особливо III групи, що можливо тільки за умов інструментального контролю відповідних фізіологічних показників, що реагує на зміни психологічного стану, які можуть бути надійно зареєстровані, оброблені і передані на командний пункт для прийняття рішення щодо подальшої участі бійця в ЕОК.

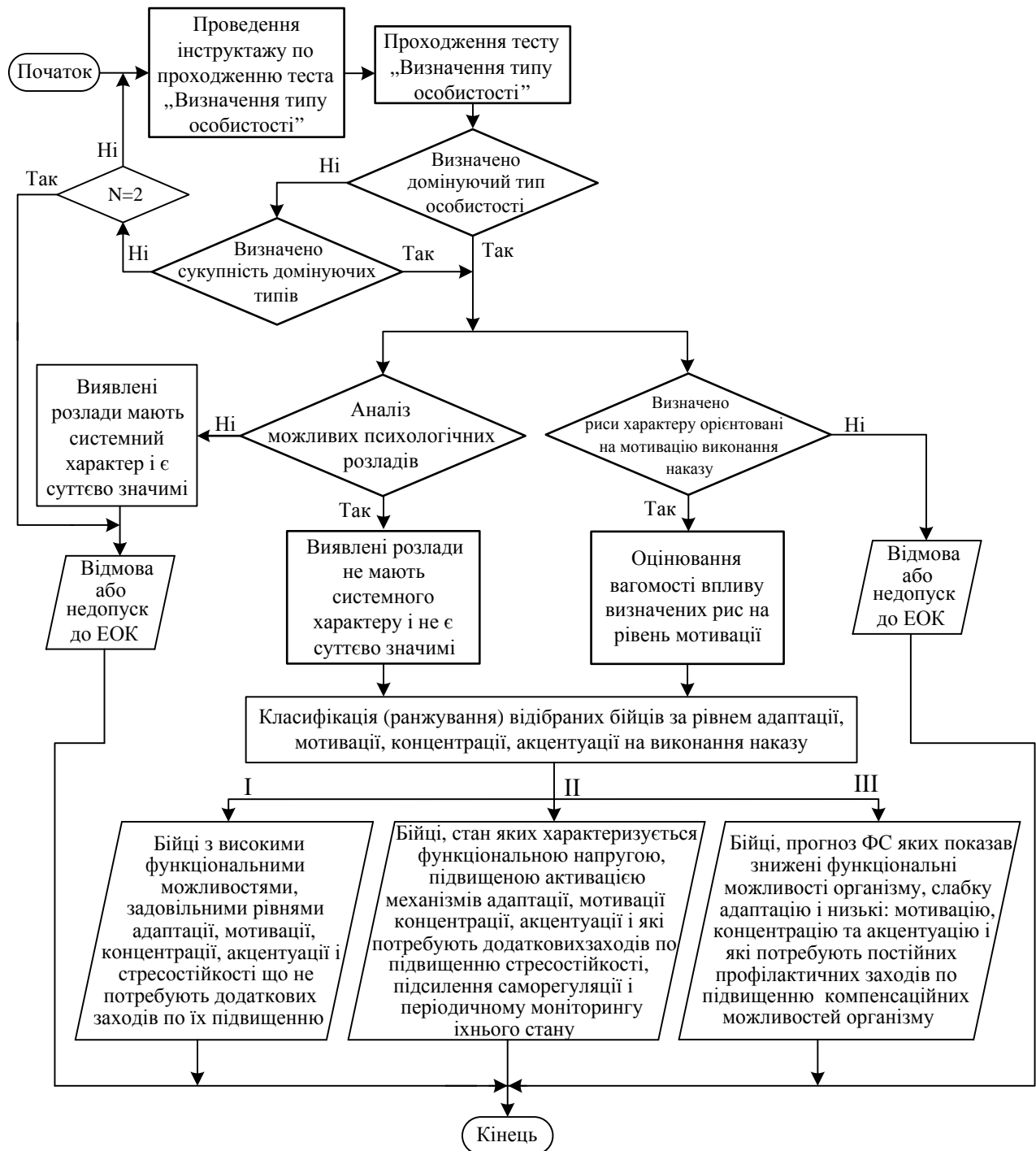


Рисунок 2.7 – Узагальнений алгоритм психологічного відбору бійців спецпідрозділів за тестом «Визначення типу особистості»

Обов’язковими вимогами для таких показників є надійність тривалої реєстрації, інформативність і комфортність застосування. Зазначеним вимогам найбільш відповідають фотоплетизмограма (ФПГ), шкірно-гальванічна реакція (ШГР), температура та їх похідні: частота серцевих скорочень (ЧСС), рівень споживання крові киснем (сатурація крові), електрошкірний опір (ЕШО).

Структурна схема блока первинної реєстрації та обробки фізіологічних сигналів (БПР та ОФС) показана на рисунку 2.8.

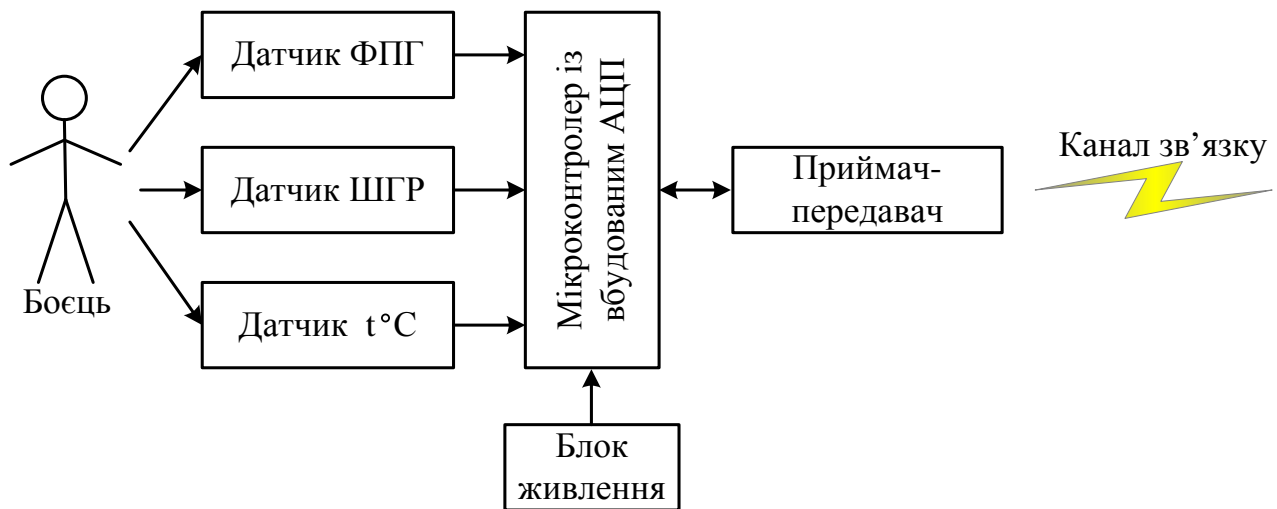


Рисунок 2.8 – Структурна схема БПР та ОФС

Конструктивно БПР та ОФС виконано у вигляді браслета, який фіксується, як правило, на лівому зап'ясті, забезпечуючи надійний контакт із шкірою бійця (рис. 2.9) (Схема електрична-принципова блоку первинної реєстрації наведена в додатку Д).

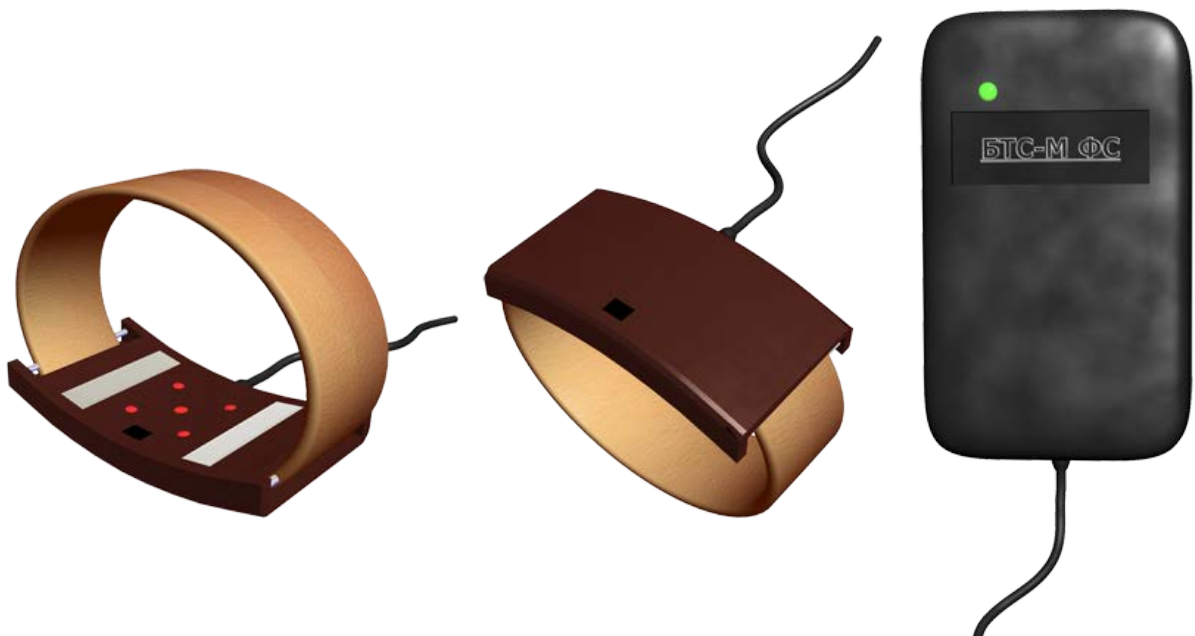


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд браслета

Для перетворення реєстрованого сигналу в його цифрову форму [47] шляхом простого аналого-цифрового перетворення, яке має діапазон вихідного сигналу декілька вольт, сигнал необхідно підсилити в сотні разів. При цьому не

повинні вноситись суттєві завади і бажано, щоб відбувалась фільтрація. Два варіанти побудови схем первинної обробки сигналів за аналогією з [48] наведено на рисунку 2.10.

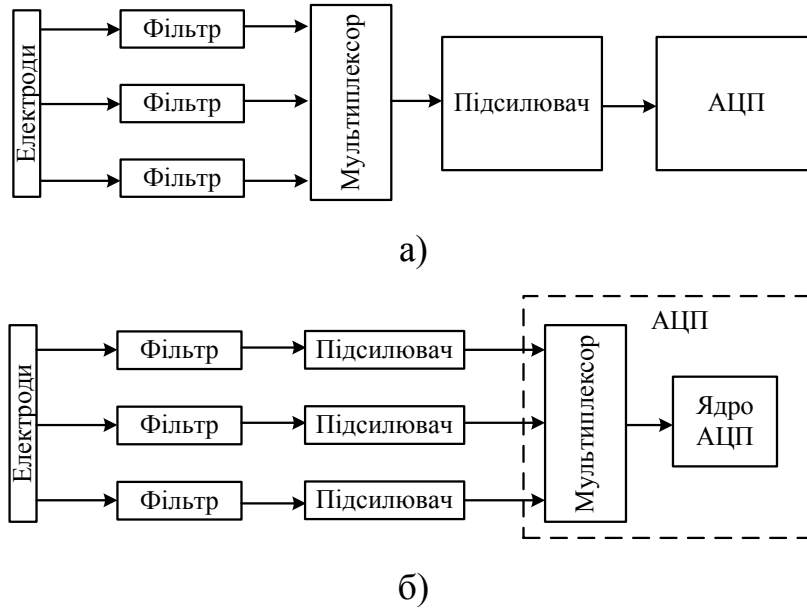


Рисунок 2.10 — Схема первинної обробки сигналу: а) з одноканальним АЦП;
б) з багатоканальним АЦП

У першому випадку, сигнал з різних електродів через фільтри потрапляє на аналоговий мультиплексор, який комутує їх на вхід схеми підсилення й АЦП. Така побудова системи має високу економічність за вартістю і за споживаною потужністю, а також має невеликі габаритні розміри. Недоліком є необхідність пропускати сигналу через мультиплексор перед підсиленням, що збільшує частку завад. У другому випадку схема не має наведених вище недоліків за рахунок того, що кожний підсилювач під'єднаний до одних і тих же електродів.

У пристроях первинної обробки біосигналів фільтрація корисного сигналу від завад здійснюється, як правило, програмним методом. У нашому випадку, для програмної фільтрації застосуємо метод арифметичного перетворення – усереднення сусідніх відліків

$$S_i^* = \frac{\sum_{k=i-m/2}^{j+m/2} S_k}{m}, \quad (2.17)$$

де S_k – відлік вихідного сигналу;

S_i^* – відлік відфільтрованого сигналу;

m – число усереднених відліків, яке обирається з ряду 3, 5, 7.

Останнім часом у цифрових приладах первинної обробки біосигналів широко застосовуються АЦП, що працюють за принципом сігма-дельта (Σ - Δ) перетворення, які проводять оцифровування аналогового сигналу й значно збільшують відношення сигнал/шум.

У системі що розробляється, для реалізації аналогово-цифрового перетворення використовуються Σ - Δ АЦП AD7738 фірми Analog Devices. Використання Σ - Δ АЦП дозволяє вилучити додаткові каскади підсилення. Функціонування АЦП базується на принципі надлишкової дискретизації з коефіцієнтом K , з наступною децимацією й цифровою фільтрацією [49].

У своєму складі Σ - Δ -перетворювачі мають цифровий фільтр, який потребує необхідного часового інтервалу на встановлення вихідного коду, що при швидкісній комутації каналів приведе до зниження точності вимірювань.

Одним із вирішень цієї проблеми є використання 24-х розрядних АЦП серії AD7732/34/38/39, які дозволяють підвищити продуктивність цифрових перетворень. AD7738 має вмонтований восьмиканальний мультиплексор для комутації вхідних кіл з частотою від декількох сотень герц до 15,4 кГц. [50].

Аналоговий мультиплексор (MUX) може бути сконфігуровано для роботи в режимі з чотири диференційним, або восьми несиметричними входами (AIN0–AIN7). Виходи мультиплексора під'єднані до зовнішніх виводів елемента, що при необхідності, забезпечує можливість додаткової обробки сигналу за допомогою зовнішніх функціональних вузлів (наприклад, буферного підсилювача), які під'єднуються в сигнальні кола (MUXOUT-ADCIN). Вмонтований буферний підсилювач (BUFFER) має високі якісні показники і використовується для узгодження змінного комплексного навантаження Σ - Δ - перетворювача з джерелом сигналу [51]. Для підсилювача передбачена можливість відключення, що в низці випадків необхідна для зниження енергоспоживання.

Для реалізації мікропроцесорної системи можна використовувати мікроконтролери таких фірм, як Atmel, Analog Devices, Intel, Microchip, Motorola, Texas Instrument тощо [52]. Як підсилювачі застосовуємо мікропотужні прецизійні інструментарні підсилювачі INA118, які мають диференційний вхід і можуть подавити заваду на 120 дБ при коефіцієнті підсилення 100.

Один із варіантів структурної схеми системи дистанційного контролю функціонального стану людини, на базі Σ - Δ аналого-цифрового перетворювача, представлено на рисунку 2.11 [53, 54].

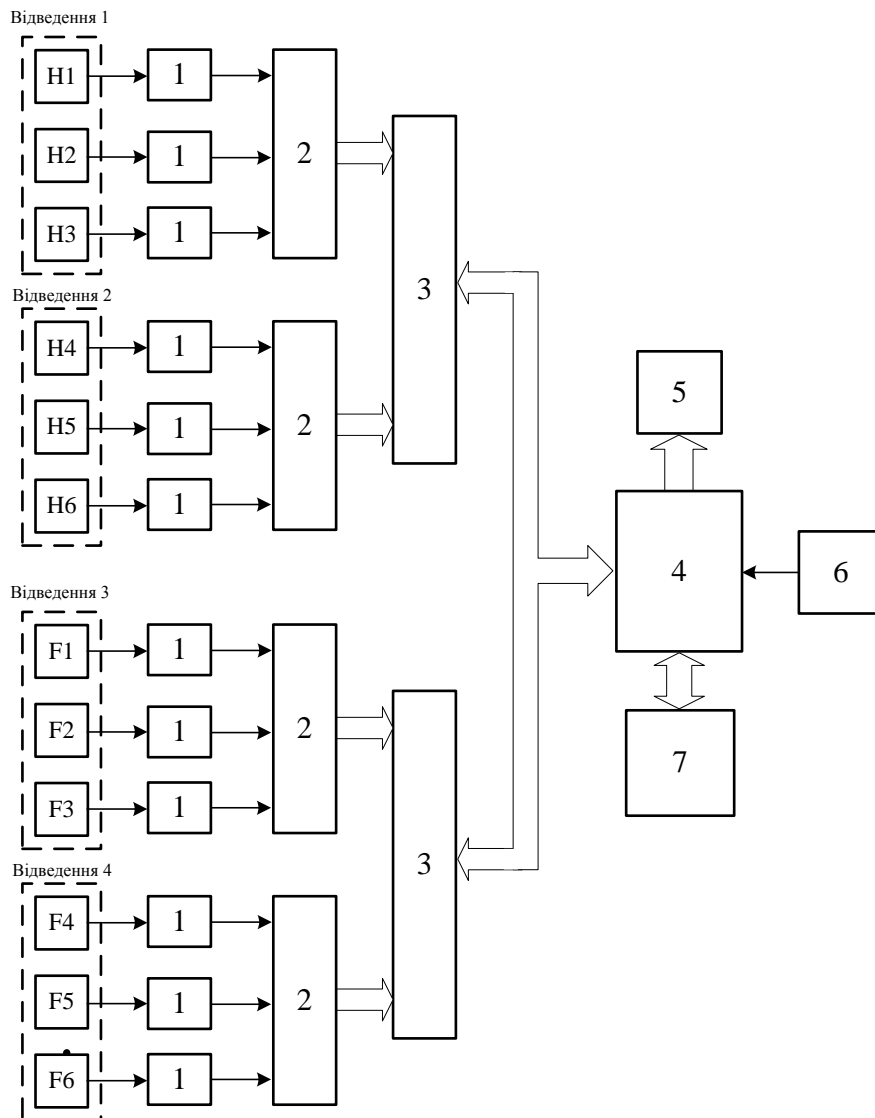


Рисунок 2.11 — Структурна схема системи дистанційного контролю функціонального стану людини на базі Σ - Δ АЦП

На схемі використані такі позначення: H1-H6, F1-F6 – електроди; 1 – фільтри; 2 – підсилювачі; 3 – аналого-цифрові перетворювачі; 4 – мікроконтролер; 5 – блок індикації; 6 – блок запуску системи; 7 – мобільний телефон, КПК чи ПЕОМ.

Робота системи полягає в постійному вимірюванні усіх сигналів, що надходять від електродів через фільтри 1 та підсилювачі 2 на входи Σ - Δ -аналого-цифрових перетворювачів 3, для перетворення у цифровий код. З Σ - Δ АЦП

цифровий код надходить на вхід мікроконтролера 4; у кожному режимі роботи отримана інформація виводиться на екран дисплея 5. Блок 6 виконує функцію запуску системи.

Для зв'язку з мобільним телефоном, КПК чи ПЕОМ в структуру пристрою введено модуль Bluetooth, який працює на неліцензованій в усьому світі частоті 2.45 ГГц (смуга промислового, наукового і медичного застосування ISM – Industry, Science, Medicine), що дозволяє вільно використовувати пристрої Bluetooth в усьому світі [55].

2.5 Висновки до розділу 2

1. Запропоновано інформаційно-структурну модель конфліктної ситуації, яка, на відміну від існуючих, визначає за результатами аналізу конфлікту не тільки його джерело і причини виникнення, а і формує шляхи і способи їх усунення, що сприяє ліквідації конфлікту.

2. На основі моделі конфліктної ситуації отримала подальший розвиток інформаційно-структурна модель психології поведінки спецпідрозділу в частині визначення якісних і кількісних показників та критеріїв згуртованості підрозділу в умовах оперативного екстремального контакту.

3. Запропоновано методи ідентифікації психоемоційного стану бійця як елемент зворотного зв'язку.

4. Розроблено модель для опису діяльності бійців у складі спецпідрозділу.

5. Вперше запропоновано метод моніторингу психоемоційного стану бійців спецпідрозділів, новизною якого є введення двонаправленого зворотного зв'язку між бійцем і командиром, що підвищує ефективність управління бойовою операцією.

6. Проведено вибір та обґрунтування інформативних ознак оцінювання ФС бійців, що дозволило побудувати структурно-функціональну організацію біотехнічної системи для дистанційного моніторингу психоемоційного стану бійців спецпідрозділів таким чином, щоб вона забезпечувала безперервний інформаційний процес оцінювання та управління бойовою операцією.

Результати досліджень, що увійшли до розділу 2, опубліковані в [28, 37–39, 41, 47, 53–55].

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ БІЙЦІВ

Задача розроблення системи дистанційного моніторингу ФС бійців спецпідрозділів, її методичного і технічного забезпечення полягає в створенні умов для виконання бійцями спецпідрозділів поставленого завдання, шляхом виявлення та усунення від виконання завдання, в певній ситуативній обстановці, психологічно нестійких бійців з подальшим перерозподілом обов'язків та перегрупуванням команди для мінімізації втрат живої сили [13, 56, 57].

Створення такої системи включає в себе декілька етапів:

- розроблення системи технічних засобів, що дозволяють перетворювати первинну інформацію про об'єкти дослідження в форму, прийнятну для оброблення за допомогою ПЕОМ та відповідного програмного забезпечення;
- розроблення програмного забезпечення, що здійснює оброблення одержаної інформації.

3.1 Розроблення морфологічної моделі біотехнічної системи дистанційного моніторингу

Запропонована в дисертаційній роботі система дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділу призначена для:

- забезпечення безперервного моніторингу психофізіологічного стану бійців з метою контролю їх функціонального стану;
- відображення раніше зареєстрованих психофізіологічних параметрів бійця з метою їх аналізу та оброблення;
- автоматизації керування спецпідрозділом;
- накопичення і зберігання бази даних;
- представлення можливості редагування, перетворення, математичної і статистичної обробки результатів вимірювань;
- побудову аналітичної моделі психофізіологічного стану бійця.

На рисунку 3.1 представлена морфологічна модель типу «чорна скринька» розроблюваної системи [58–61].



Рисунок 3.1 – Морфологічна модель типу «чорна скринька» розроблюваної системи

Морфологічна модель типу «чорна скринька» розроблюваної системи містить такі входи:

1. «Інформація з датчиків» – показники з датчиків шкірно-гальванічної реакції, фотоплетизмограми та температури, які необхідні для одержання представлення про фізіологічний стан бійця;

2. «Боець» – інформація про бійця;

В якості виходів системи виступають:

1. Висновок про боєготовність бійця, отримані в результаті оброблення одержаних даних;

2. Модель поведінки бійця в екстремальних умовах;

3. Набір параметрів ступеня готовності бійця до виконання поставленого завдання.

На рисунку 3.2 представлена укрупнена модель розроблюваної системи.

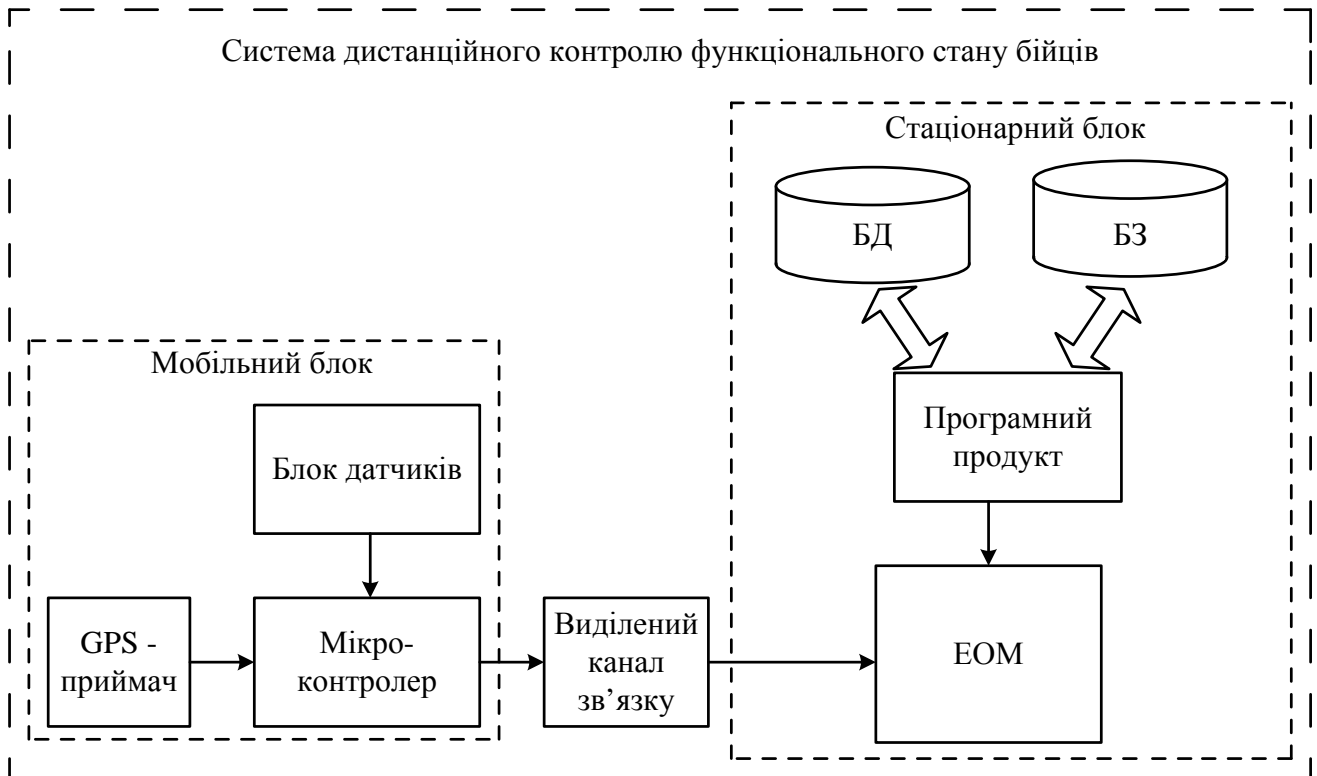


Рисунок 3.2 – Модель складу розроблюваної системи

Технічне забезпечення системи дистанційного моніторингу функціонального стану бійців складається з стаціонарного блока, який передбачає використання EOM з відповідним програмним забезпеченням та мобільного блока, до складу якого входять: мікроконтролер, датчик шкірно-гальванічної реакції, датчик фотоплетизмограми та датчика температури.

3.2 Формування вимог до біотехнічної системи дистанційного моніторингу

Практична відсутність у відкритих джерелах інформації про системи дистанційного моніторингу функціонального стану бійців, вимагає необхідності формування відповідних вимог до її структури і функціонування.

Вимоги до систем дистанційного моніторингу і управління спецпідрозділом в залежності від сфери їх застосування, як правило, відрізняються. Базова структура системи дистанційного моніторингу функціонального стану бійців повинна забезпечувати:

- оперативне одержання на командному пункті управління боєм, сигналів тривоги при виході психофізіологічних показників бійця за межі, завідомо встановлені для цієї бойової операції;
- представлення на мнемосхемі (комп'ютері стаціонарної частини пристрою), в режимі реального часу повної інформації про бійця, його психоемоційний стан і місце знаходження;
- відображення в графічному вигляді або в іншій зручній для сприйняття формі інформації про поточний психоемоційний стан бійців;
- можливість оперативного втручання з командного пункту управління боєм в хід операції з подальшою можливістю перерозподілу серед бійців їхніх функціональних обов'язків при виникненні нештатної ситуації;
- можливість дистанційного контролю працездатності носимого блока;
- можливість ведення звітної документації (журналів дій бійців, командування, бойових операцій і т. і.) тощо.

При розробленні архітектури системи, поряд із загальними вимогами необхідно враховувати і додаткові, що обумовлені специфікою системи, а саме:

- мати просторово рознесену структуру, яка дозволяє мати в одночасному користуванні до 30 носимих блоків;
- здійснювати обмін інформацією по мережах виділеного зв'язку (на спецчастотах);
- забезпечувати збір статистичної інформації на рівні носимих блоків, формування буфера параметрів по часових відмітках і зберігання записаних в ньому даних при вимиканні живлення чи відсутності каналу зв'язку;
- реалізовувати функцію «чорної скриньки» для аналізу динаміки розвитку нештатних ситуацій.

При розробленні системи дистанційного контролю необхідно, також, виконати такі етапи:

- 1) провести огляд методик одержання кількісних характеристик ФС бійців та об'єднати методики в єдиний комплекс;

- 2) виконати технічну і програмну реалізацію елементів розроблюваної системи;
- 3) провести тестування розроблюваної системи;
- 4) розробити базу даних і базу знань;
- 5) розробити критерії для оцінювання динаміки вимірюваних параметрів в процесі розгортання бойової обстановки;
- б) розробити методики та алгоритми для формування критеріїв оцінювання психофізіологічного стану бійців.

На етапі створення розроблюваної системи при розроблені технічного завдання на реалізацію методик програмно-технічними засобами необхідно дотримуватись таких принципів: комплексності, надійності, системності [62–64].

Тоді узагальнену структурну схему біотехнічної системи для визначення функціонального стану бійців спецпідрозділів можна представити таким чином (рис. 3.3).

Функціонально система представляє собою біотехнічну систему психофізіологічного моніторингу бійців із зворотним зв'язком, а структурно — складається з носимого блоку (мікроконтролер та набір датчиків), та стаціонарної частини (обчислювальний комплекс на базі ПК з відповідними базами даних і знань).

Виходячи з того, що управління бойовими діями підрозділів в тактичній ланці (ТЛ) – це безперервний і за своєю суттю інформаційний процес збору й оцінки даних обстановки, переробки їх у керуючі впливи командира та штабу тактичної ланки на підрозділи за допомогою вироблених способів і технічних засобів для забезпечення в будь-який момент часу своєчасної підготовки бойових дій і реалізації можливостей зазначених підрозділів з вогневого ураження найбільш важливих цілей (об'єктів) супротивника й створення основним бойовим підрозділам найбільш сприятливих умов для успішного виконання поставлених завдань при мінімально можливих втратах, засоби автоматизації бойовими діями в тактичній ланці повинні включати виконання таких основних заходів: підтримка в кожний момент часу бою постійної бойової готовності підрозділів та можливості застосування зброї для ураження; добування, вивчення й аналіз даних про супротивника й свої війська, що впливають на бойові дії підрозділу; своєчасне

ухвалення рішення й швидке доведення задач до підлеглих: організацію безперервного управління розвідкою, вогнем, маневром і всебічне забезпечення підрозділів; організацію й підтримку безперервної взаємодії з частинами (об'єднаннями), до складу яких доданий або, яку підтримує, підрозділ тактичної ланки; здійснення постійного контролю над виконанням підрозділами ТЛ поставлених задач і надання їм допомоги; організацію надійної системи зв'язку [65].

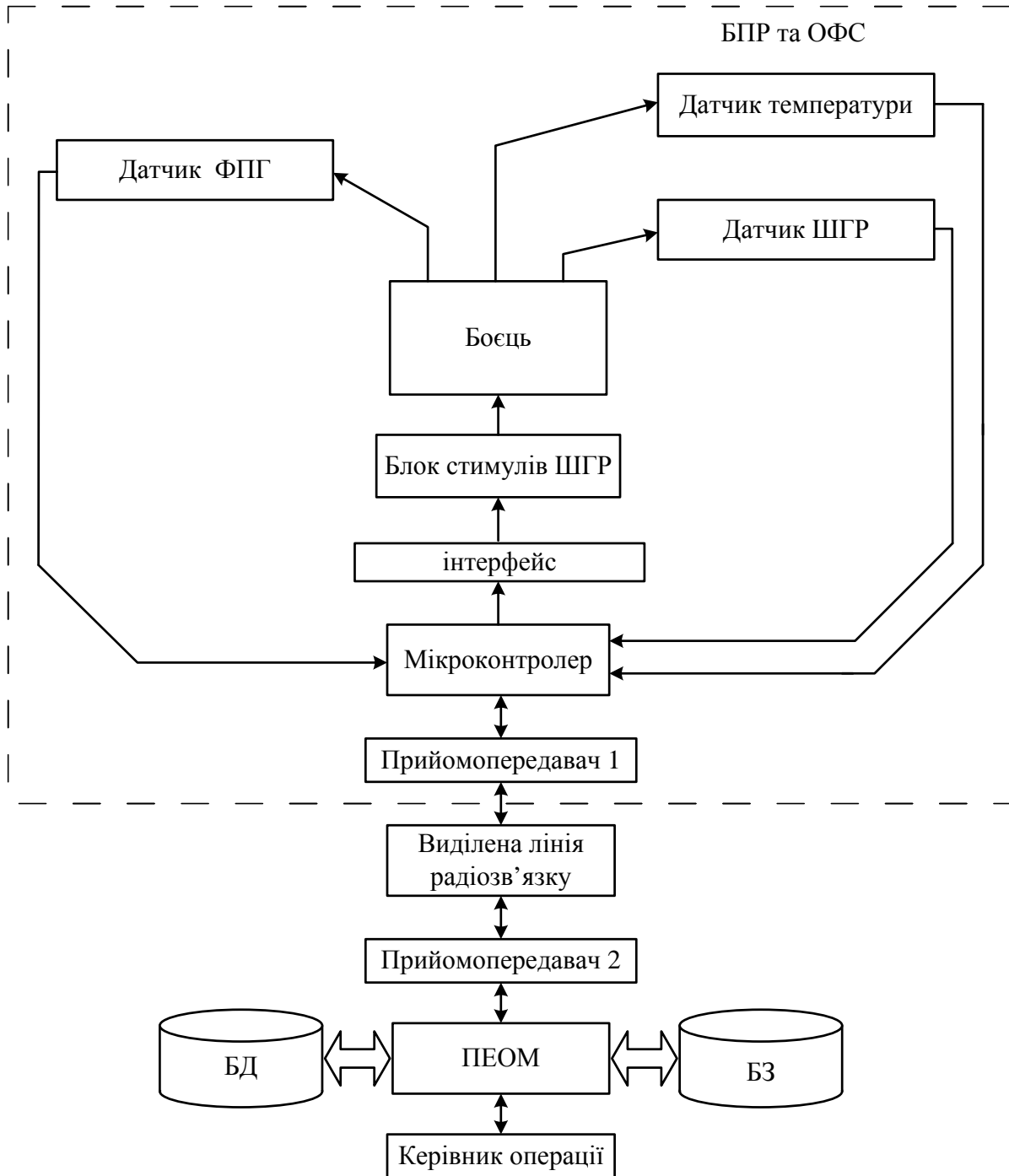


Рисунок 3.3 – Узагальнена структурна схема біотехнічної системи для визначення функціонального стану бійців спецпідрозділів

Відомо, що ефективність діяльності зазначених систем суттєво залежить від мінімально необхідного набору даних для обміну між керівником та об'єктом управління в умовах дефіциту часу, що вимагає ретельного розгляду методів і принципів побудови бази даних. Аналізуючи існуючі підходи до формування баз даних і знань слід відзначити, що найбільш адаптованою для таких завдань, є методика, яка запропонована в [66–68]. Особливість методики полягає в застосуванні комбінованого підходу у виборі моделі даних, коли відбувається поєднання визначення задач і потреби в даних із однозначним визначенням складу і структури інформаційних об'єктів.

Основні етапи методики можна визначити таким чином.

1. Побудова інфологічної моделі даних. Експерти описують предметну область і паралельно опитуються потенційні користувачі майбутньої бази даних (БД) на предмет інформаційної потреби. Інфологічну модель-опис предметної області, виконано без чіткої орієнтації на програмні та технічні засоби.

2. Узагальнення концептуального уявлення та оцінка можливостей моделі щодо задоволення вимог до БД .

3. Побудова датологічної моделі даних. Датологічна модель – версія інфологічної моделі, яка в подальшому може бути реалізована в конкретній СУБД з відображенням логічних зв'язків між елементами даних. Під час побудови датологічної моделі вибираються (розробляються) СУБД, будуються схеми (підсхеми) БД та проводиться оцінка моделі на відповідність вимогам до БД.

4. Побудова внутрішньої (фізичної) моделі даних. Внутрішня модель даних визначає спосіб розміщення даних безпосередньо на машинному носії, враховує розподіл даних, методи доступу й способи індексування. Цей етап характеризується процесом створення прикладних програм для роботи з БД, які в свою чергу розроблені під готові технічні рішення. Головною ознакою фізичного рівня представлення даних є проведення заходів нормалізації БД, уточнення інфологічної та датологічної моделей, якщо фізична модель не відповідає повною мірою вимогам до БД.

5. Розробка прикладних програм. Сучасні прикладні програмні засоби та їх рівень організації, забезпечують автоматично без втручання користувача. Користувач оперує в прикладних програмах і універсальних програмних засобах

представленнями СУБД. Таким чином, основна задача проектування полягає в створенні інфологічної і даталогічної моделей.

3.3 Розроблення технічного і програмного забезпечення БТС-М ФС

3.3.1 Синтез елементної бази для первинних перетворювачів біомедичної інформації

3.3.1.1 Обґрунтування вибору датчика температури

Датчик DS18B20 – цифровий термометр з програмованою роздільною здатністю від 9-ти до 12-ти біт, яка може зберігатися в EEPROM пам'яті приладу. DS18B20 обмінюється даними по 1-Wire шині і при цьому може бути як єдиним пристроєм на лінії так і працювати в групі. Всі процеси на шині управляються центральним мікропроцесором [69].

Діапазон вимірювань від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ і точністю $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ у діапазоні від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. На додаток, DS18B20 може житись напругою лінії даних («parasite power»), при відсутності зовнішнього джерела напруги.

DS18B20 використовує виключно 1-Wire протокол – при цьому формується з'єднання, яке здійснює комунікацію на шині, використовуючи всього один керуючий сигнал. Шина повинна бути підключена до джерела живлення через підтягуючий резистор, тому що всі пристрої, пов'язані з шиною, використовують з'єднання через Z-стан або вхід відкритого стоку. Використовуючи цю шину мікропроцесор (пристрій управління) ідентифікує і звертається до датчиків температури, використовуючи 64-бітовий код приладу. Оскільки кожен прилад має унікальний код, число приладів, до яких можна звернутися на одній шині, фактично необмежено.

Основні функціональні особливості DS18B20 – його температурний перетворювач. Роздільна здатність температурного перетворювача може бути змінена користувачем і складає 9, 10, 11, або 12 бітів, відповідаючи дискретності виміру температури $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0,125\text{ }^{\circ}\text{C}$, і $0,0625\text{ }^{\circ}\text{C}$, відповідно. Роздільна здатність по замовчуванню встановлена 12-біт. У початковому стані DS18B20 знаходиться в стані спокою (в неактивному стані). Щоб почати температурне вимірювання і перетворення, необхідно подати команду початку конвертування температури [0x44]. Після конвертації, отримані дані запам'ятовуються в 2-байтовому регістрі температури в оперативній пам'яті, і DS18B20 повертається до неактивного стану. Якщо DS18B20 включений з зовнішнім живленням, можна

контролювати конвертування температури (після команди $[0 \times 44]$) за станом шини. DS18B20 буде формувати логічний «0» коли відбувається температурне перетворення. І логічну «1», коли конвертування виконано. Якщо DS18B20 включений з паразитним живленням, ця технологія повідомлення не може бути використана, оскільки на шину потрібно подати високий рівень (напруга живлення) протягом усього часу температурного перетворення. У цьому випадку пристрій управління повинен самостійно контролювати час конвертування [69].

Практичні схеми підключення датчика DS18B20 показані на рисунку 3.4 та рисунку 3.5.

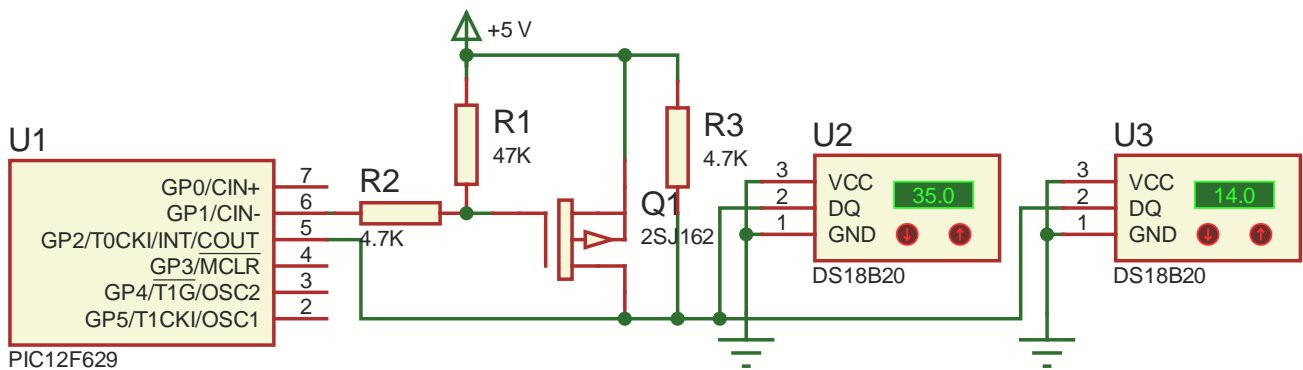


Рисунок 3.4 – Схема підключення датчика DS18B20 в режимі паразитного живлення

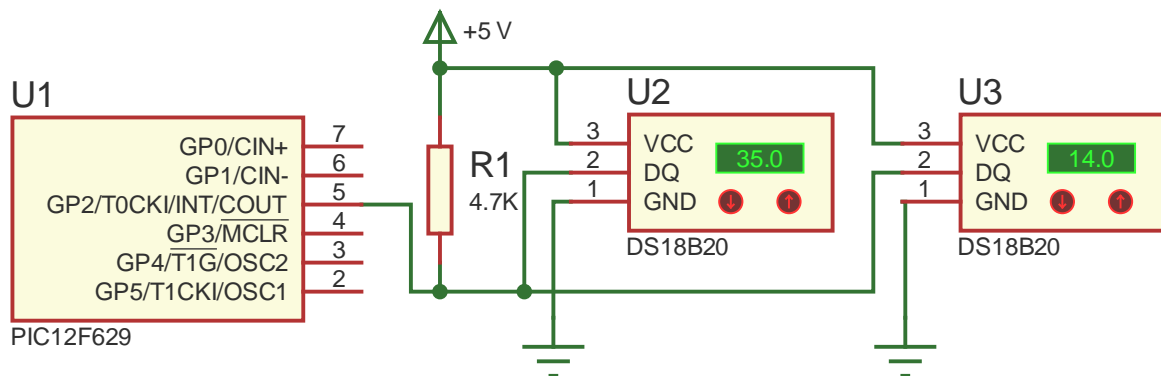


Рисунок 3.5 – Схема підключення датчика DS18B20 в режимі зовнішнього живлення

3.3.1.2 Обґрунтування вибору датчика фотоплетизмограми та пульсоксиметрії

Для реєстрації пульсових сигналів з метою завадостійкого визначення ФПГ та її похідних доцільно використовувати відбиту хвилю, оскільки [70, 71]:

- відбиваючі датчики мають простішу конструкцію;

- чутливість такого методу більша у порівнянні із методом проникнення і може бути підвищена шляхом введення рефлектора.

Повільні хвилі [71, 72], які представляють собою інфранизькочастотний сигнал і накладаються на корисний пульсовий сигнал збільшують динамічний діапазон ФПГ. З [73] відомо, що найбільш вагомими з цих повільних хвиль є дихальні хвилі, які мають частоти близькі до ЧСС. Саме для зменшення їх впливу на ФПГ використовують випромінювачі інфрачервоного світла з довжинами хвиль 810 нм. Це так звана точка ізобести, на якій поглинання світла окисленим і відновленим гемоглобіном крові однакове, що робить такий датчик менш чутливим до дихальних артефактів [70, 74].

Конструкція датчика ФПГ повинна забезпечувати максимальну завадостійкість до рухових артефактів. Це може бути досягнуто застосуванням багатоканальних датчиків, як запропоновано в [70], в яких кожний з каналів сканує окремі ділянки органу, рознесені на деяку відстань. Такі датчики менш критичні до місця їх встановлення і менш чутливі до рухових артефактів [72]. Відома конструкція ФПГ датчика [70], який має меншу чутливість до рухових артефактів.

Цей датчик містить компланарно розташовані випромінювач і чотири фотодіоди – рисунок 3.6. Завдяки особливому ввімкненню фотодіодів, зміщення датчика у вказаних напрямках не призводить до суттєвих змін вихідної напруги, оскільки збільшення струму одного з діодів, компенсується зменшення струму іншого діода.

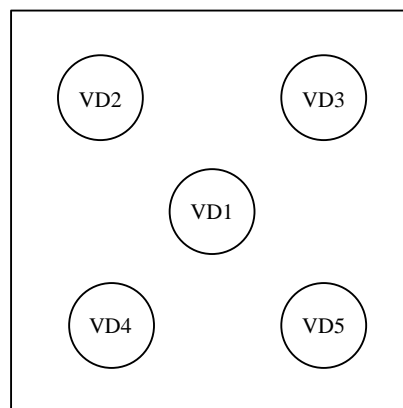


Рисунок 3.6 – Взаємне розташування елементів датчика ФПГ

Для забезпечення реєстрації та обробки пульсових сигналів використовуємо модуль «ОЕМ-ОХІ» [75] фірми «Мікролюкс», який забезпечує такі технічні характеристики:

- діапазон SpO_2 – 0...100 %;
- похибка SpO_2 від 50...80 % – ± 3 %;
від 80...100 % – ± 2 %;
- діапазон частоти пульсу – 25...240 уд./хв.;
- похибка частоти пульсу – ± 3 уд./хв.;
- діапазон наповнення пульсу – 0...250 од.;
- час встановлення значення – ≈ 5 секунд.

Датчики:

- сумісні з Nellcor;
- довжина хвилі червоного світлодіода – 660 нм,
- довжина хвилі інфрачервоного світлодіода – 890 нм.

Інтерфейс:

- стандарт – двонаправлений (три провідний) RS-232;
- рівні – TTL (5 В або 3,3 В на вибір);
- формат даних – 115200, 8, N, 1;
- протокол обміну: «Запит-відповідь», неперервна передача пакетів 50 раз/с.
- керування модулем – передача команд.

Живлення:

- напруга живлення – 5,1...12,0 В. (або 2,7...5,5 В.);
- споживаний струм (разом з датчиком) – 25 мА.

Умови роботи:

- температура -10...60 °С;
- атмосферний тиск – 550...795 мм. рт. ст.;
- відносна вологість повітря – 10...90%.

Модуль поставляється з програмним забезпеченням сумісним зі всіма версіями Microsoft Windows (98/Me/NT/XP).

Нормовані значення параметрів пульсової хвилі показані на рисунку 3.7:

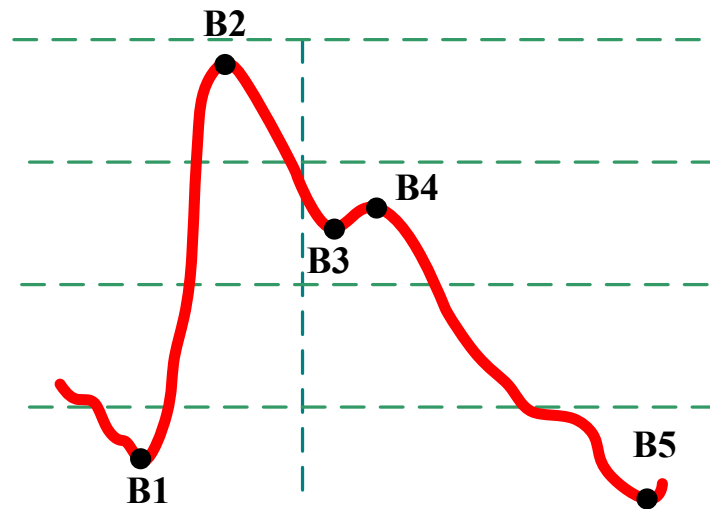


Рисунок 3.7 – Основні кодуючі точки об’ємного пульсу

Точка B1 відповідає початку періоду вигнання систолічного періоду, точка B2 відповідає моменту максимального розширення судини в фазу форсованого вигнання, точка B3 відповідає протодіастолічному періоду, точка B4 відповідає початку діастолі, точка B5 відповідає настанню кінця діастолі і вказує на завершення серцевого циклу.

Тривалість пульсової хвилі визначається за формулою:

$$ДПВ = B_5 - B_1.$$

Вимірюється в секундах.

Нормовані значення за віковими групами представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Нормовані значення тривалості пульсової хвилі

Вік, років	0–1	1–3	3–5	5–8	8–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70
Тривалість пульсової хвилі, с.	0,43– 0,50	0,50– 0,57	0,57– 0,60	0,60– 0,67	0,67– 0,70	0,70– 1,00	1,0– 0,92	0,92– 0,88	0,88– 0,83	0,83– 0,75	0,75– 0,71

Частота серцевих скорочень визначається за формулою:

$$ЧСС = \frac{60}{ДПВ}.$$

Вимірюється в ударах за хвилину. Значення горизонтальної осі.

Нормовані значення частоти серцевих скорочень по Касирському представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Нормовані значення частоти серцевих скорочень
(по Касирському)

Вік, років	0–1	1–3	3–5	5–8	8–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–70
ЧСС в хвилинах	140–120	120–105	105–100	100–90	90–85	85–60	60–65	65–68	68–72	72–80	80–84

При реєстрації пульсової хвилі ми отримуємо масив даних на основі якого будуємо експериментальну криву. Нехай $U_e(t)$ – експериментальна крива, використовуючи логарифмічно-нормальний закон розподілу, отримаємо

$$U_{теор}(t) = U_{теор}^{(1)}(t) + U_{теор}^{(2)}(t). \quad (3.1)$$

де $U^{(1)}, U^{(2)}$ – інтерполяційні функції.

$$U_{теор}^{(1)} = \frac{h_1}{2\pi\sigma_1^2} \frac{1}{t} e^{\left(-\frac{(\ln t - t_{01})^2}{2\sigma_1^2}\right)}. \quad (3.2)$$

$$U_{теор}^{(2)} = \frac{h_2}{2\pi\sigma_2^2} \frac{1}{t} e^{\left(-\frac{(\ln t - t_{02})^2}{2\sigma_2^2}\right)}. \quad (3.3)$$

$$U_{теор}^{(t)} = \frac{h_1}{2\pi\sigma_1^2} \frac{1}{t} e^{\left(-\frac{(\ln t - t_{01})^2}{2\sigma_1^2}\right)} + \frac{h_2}{2\pi\sigma_2^2} \frac{1}{t} e^{\left(-\frac{(\ln t - t_{02})^2}{2\sigma_2^2}\right)}. \quad (3.4)$$

$$\int_0^{t_k} \left[U_e(t) - \left(\frac{h_1}{2\pi\sigma_1^2} \frac{1}{t} e^{\left(-\frac{(\ln t - t_{01})^2}{2\sigma_1^2}\right)} + \frac{h_2}{2\pi\sigma_2^2} \frac{1}{t} e^{\left(-\frac{(\ln t - t_{02})^2}{2\sigma_2^2}\right)} \right) \right]^2 dt = I(\sigma_1, \sigma_2, h_{\max 1}, h_{\max 2}) \rightarrow \min. \quad (3.5)$$

де $t_{\sigma 1}$ і $t_{\sigma 2}$ – знаходяться як локальні $\max U_e(t)$;

$$t_{0i} = \ln t_{\sigma i} - \frac{1}{2}, \quad i = 1, 2;$$

$$h_{\max i} = \frac{h_i}{2\pi\sigma_i^2} \frac{1}{t_{\sigma i}} \exp\left[-\frac{1}{8\sigma_i^2}\right], \quad i = 1, 2.$$

Варіюємо σ_1, σ_2 чисельним методом і вибираємо \min . Межі для варіацій $\sigma_1,$

$$\sigma_2 \text{ (рис. 3.8) } \sigma_1 \in \left[\frac{1}{4}\Delta_1, 2\Delta_1\right], \quad \sigma_2 \in \left[\frac{1}{4}\Delta_2, 2\Delta_2\right]$$

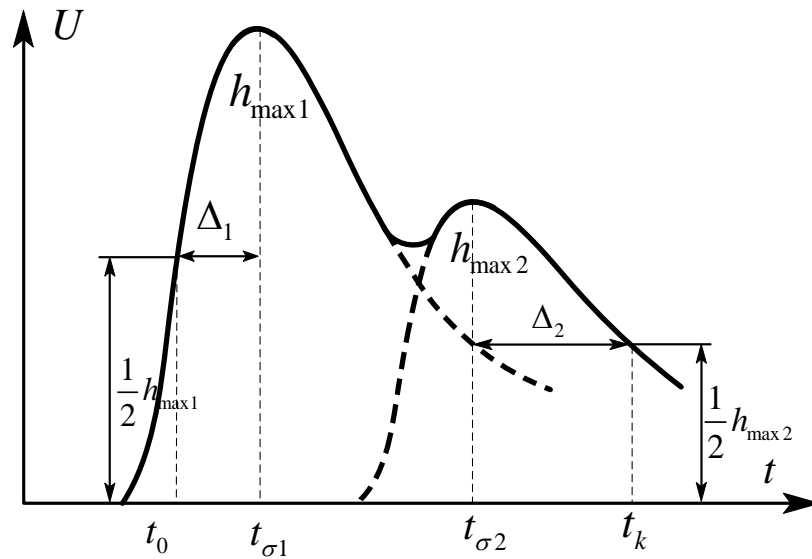


Рисунок 3.8 – Визначені межі для варіації

Алгоритм математичної обробки експериментальної кривої фотоплетизмограми представлений на рисунку 3.9.

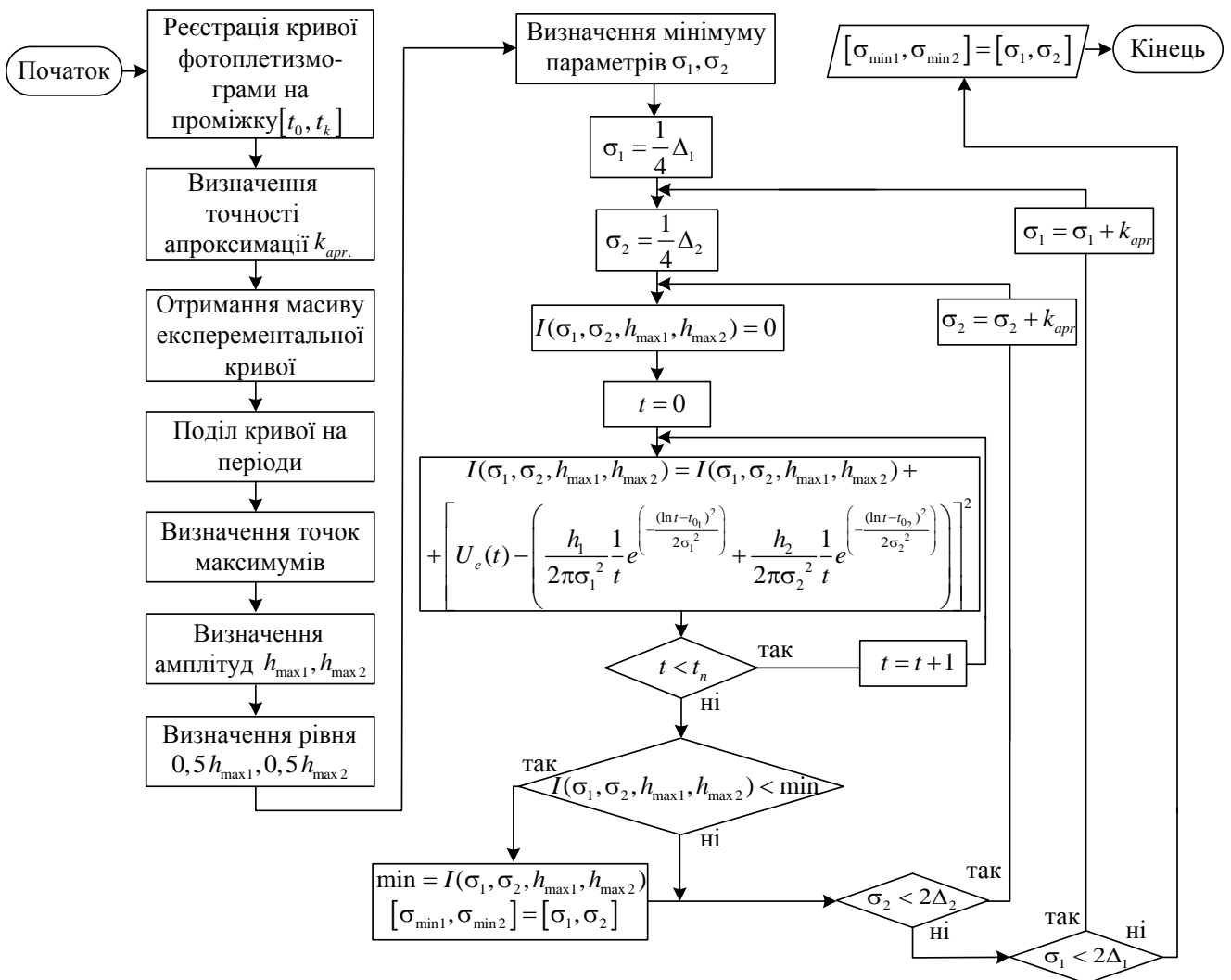


Рисунок 3.9 – Алгоритм математичної обробки експериментальної кривої фотоплетизмограми

3.3.1.3 Обґрунтування вибору схмотехнічних вирішень та елементної бази для первинних датчиків і перетворювачів біомедичної інформації

Одним із чинників, що впливають на якість роботи медичної апаратури, є якість електроживлення, що вимагає використання в їх складі джерел живлення з малим рівнем перешкод.

Дані, які підлягають візуалізації, зазнають первинної обробки, яка може бути виконана цифровим сигнальним процесором [76, 77]. В результаті такої обробки поліпшується якість зображення, а повне зображення формується з окремих фрагментів. Джерело живлення вузла обробки, як правило, має декілька рівнів напруги живлення з високою точністю встановлення. Монітори напруги живлення повинні не тільки слідкувати за станом рівнів цих напруг, але і у випадку виходу рівнів цих напруг за допустимі межі зупиняти процес обробки даних (рис. 3.10).

ІМС ADP1707 та ADP1720 – лінійні стабілізатори напруг з мінімальним падінням напруги на регулюючому транзисторі (345 мВ при струмі навантаження 1 А). Рівень вихідного шуму цих стабілізаторів складає 20 мкВ у смузі частот від 100 Гц до 100 кГц при вихідній напрузі 3,3 В складає 56 дБ (табл. 3.3–3.5).

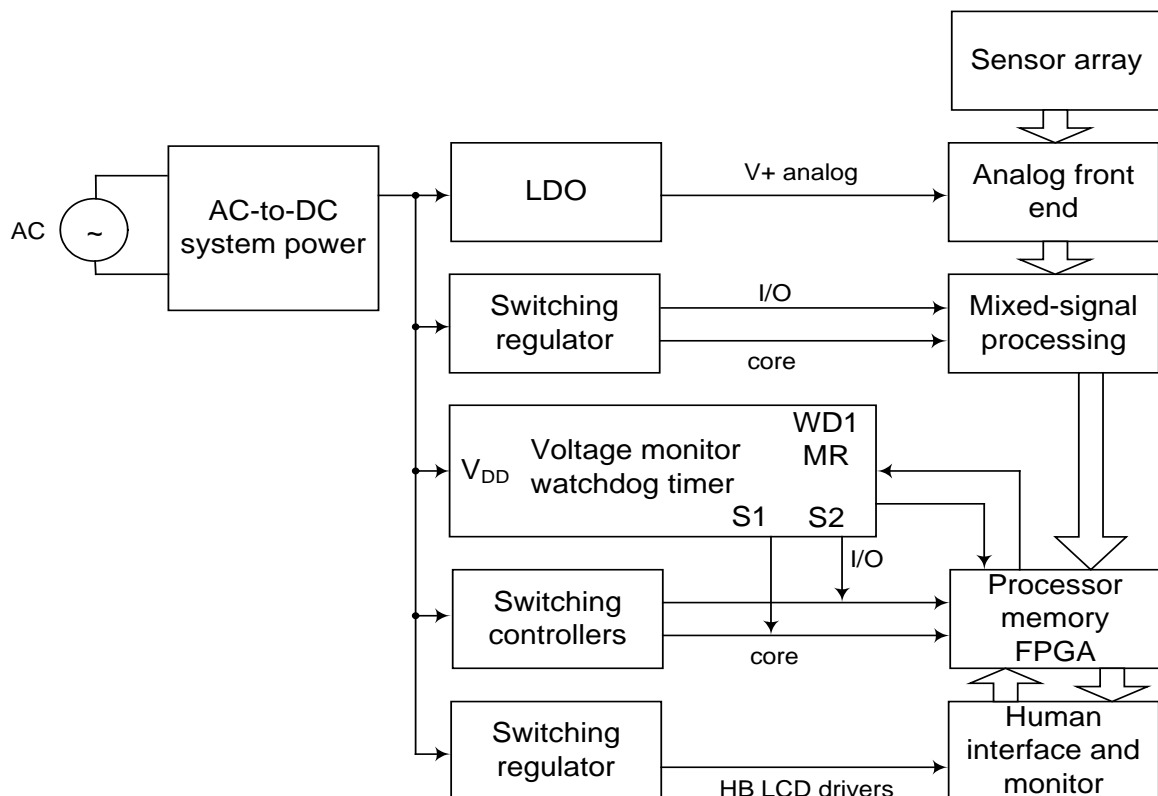


Рисунок 3.10 – Структурна схема системи живлення з контролем рівня напруг

Таблиця 3.3 – Імпульсні перетворювачі з підвищенням/пониженням вихідної напруги

Тип ІМС	$U_{ВХ}$, В	$U_{Вих\text{ рег}}$, В	$I_{\text{спожив. макс.}}$, мА	Частота перетворення, МГц	Тип виходу	Тип корпусу
ADP1621	≤ 1	$U_{ВХ} \dots 30$	3	0,1 ... 1,5	підвищуючий інвертуючий	8-MSOP
ADP1864	3,15...14	0,8... $U_{ВХ}$	0,35	0,58	понижуючий	6-TSOT

Таблиця 3.4 – Лінійні стабілізатори

Тип ІМС	$U_{Вих}$, встановлюється в умовах виробництва, В	$I_{Вих}$, макс., А	$U_{ВХ}$, В	V_{dropout} , мВ	Погрішність $U_{Вих}$, %	Тип корпусу
ADP1707	0,75...3.3	1	2,5... 5,5	600...630	1 ($I_H=10\text{мА}$)	8-LFCSP 8-SOIC
ADP1720	3,3...5,0; 1,225...5,0 (регул.)	0,05	4,0... 28	55...480	0.5($I_H=10\text{мА}$)	8-MSOP

Таблиця 3.5 – Імпульсні стабілізатори

Тип ІМС	$U_{ВХ}$, В	$U_{Вих}$, В (встановлюється в умовах виробництва)	$U_{Вих}$, В (регул.)	$I_{\text{спожив. макс.}}$, мА	Частота перетворення, МГц	Тип корпусу
ADP2105	2,7...5,5	1,2; 1,5; 1,8; 3,3	0,8... $U_{ВХ}$	1	1,2	16-LFCSP
ADP2107	2,7...5,5	1,2; 1,5; 1,8; 3,3	0,8... $U_{ВХ}$	2	1,2	16-LFCSP

Наявність виходу ENABLE дозволяє регулювати час ввімкнення/вимкнення стабілізатора в залежності від системних вимог. ІМС ADP1707 та ADP1720-високоєфективні імпульсні стабілізатори (К.К.Д.= 97 %). В цих стабілізаторах забезпечується регулювання частоти модуляції для збільшення ресурсу батарейного живлення. ІМС ADM13305 – двоканальний супервізор напруги, який формує сигнал запуску мікропроцесорної системи. Завдяки вбудованому таймеру ADM13305 забезпечує контроль відповідності функціонування мікропроцесора та у випадку збою перезапускає його [77].

Від якості аналогового інтерфейсу для зняття біопотенціалів залежить точність вимірювання, його достовірність а також ресурс електродів [78]. Якщо електрод має поганий контакт зі шкірою пацієнта, він може бути поляризований вхідним струмом зміщення аналогового інтерфейсу. AD8625/ AD8626/ AD8627 — сімейство операційних підсилювачів JFET-входом, струм зміщення яких не перевищує 1 пА. AD8220 і AD8224 — вимірювальні підсилювачі з JFET-входом,

струм зміщення яких не перевищує 20 пА. Перевага підсилювачів з великим розмахом напруги живлення є великий вхідний динамічний діапазон, що дозволяє їм надійно працювати в умовах завод. Підсилювачі сімейства AD8625/AD8626/AD8627 можуть працювати при напрузі живлення від 5 до 26 В. Підсилювачі AD8220 і AD8224 працюють при напрузі живлення 5 В, і ± 18 В. Ці rail-to-tail по входу підсилювачі забезпечують великий динамічний діапазон. Крім того, ці підсилювачі мають струм споживання 750 мкА в перерахунку на підсилювач, що дозволяє використовувати їх в приладах з батарейним живленням. AD8224 може бути включений по схемі з одноканальним симетричним входом, що дозволяє використовувати його в якості вимірювального підсилювача (рис. 3.11, 3.12) і забезпечує захист входу від пережесних завод.

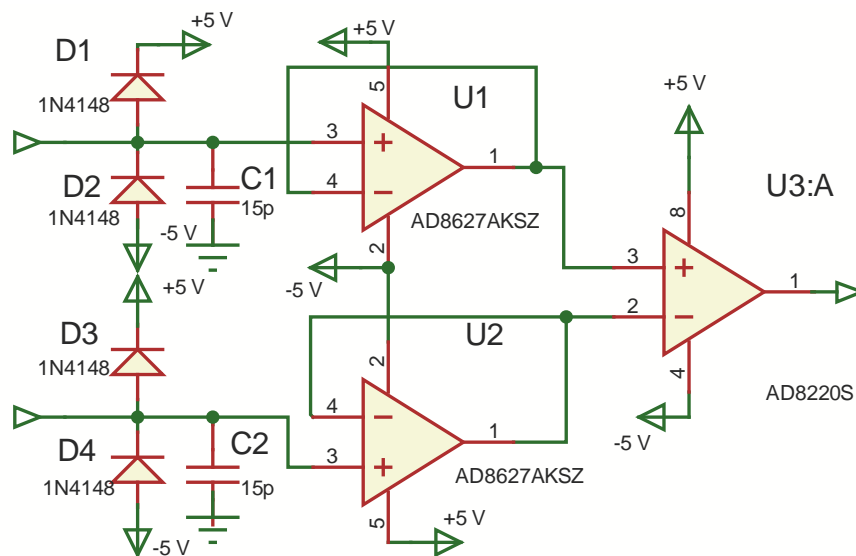


Рисунок 3.11 – Аналоговий інтерфейс для зняття біопотенціалів на основі ОП AD8627 з JFET-входом і малим струмом зміщення

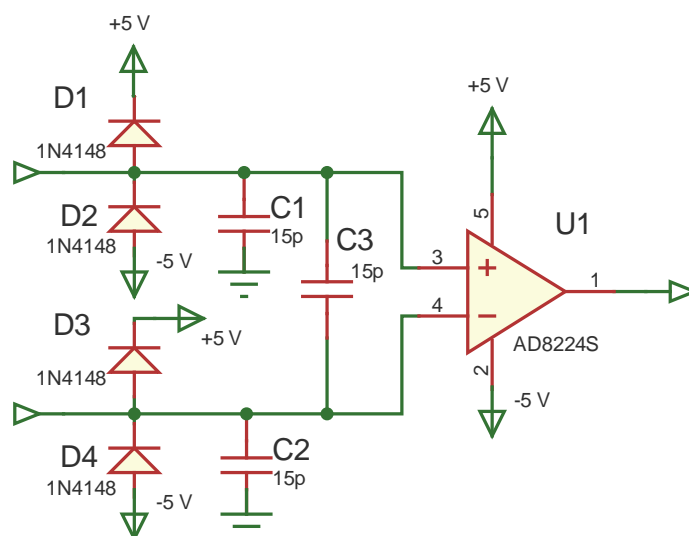


Рисунок 3.12 – Аналоговий інтерфейс для зняття біопотенціалів на основі вимірювального підсилювача AD8224 з JFET-входом і малим струмом зміщення

3.3.1.4 Обґрунтування вибору датчика шкірно-гальванічної реакції

Шкірно-гальванічна реакція (ШГР) або електрична активність шкіри (ЕАШ) є однією із найпоширеніших у фізіології вегетативних реакцій, пов'язаних зі зміною функціонального стану, обумовленого емоційною напругою, інтелектуальною діяльністю тощо.

Існує два принципово різних методи реєстрації ШГР, які засновані на вимірюванні шкірного потенціалу й шкірної провідності. Методом, що найбільше інформативно відображає прояв ШГР, вважається вимірюванні провідності шкіри постійному струму з наступним розподілом отриманого сигналу на тонічну й фазичну складові [77, 79].

Принцип роботи запропонованого модуля шкірно-гальванічної реакції передбачає поєднання аналогового і цифрового способів обробки сигналу ШГР, що обумовлено його особливостями.

Процес обробки інформації складається із: збору, оброблення й реєстрації сигналів в аналоговій формі та перетворення сигналів у цифрову форму і їх аналіз. Кінцевим результатом є виявлення трьох найбільш характерних рівнів фонові активності: спокою, середнього фонового збудження, високого фонового збудження.

Сигнал ШГР, отриманий при вимірюванні провідності шкіри на постійному струму, розділяється на тонічну й фазичну складові або на фоновий рівень і реакцію. Вважається, що вони відносно самостійні й відбивають стан активності різних структур [80]. Тонічна складова ШГР обумовлена постійно існуючою фоновію провідністю шкіри, що повільно змінюється в часі. Фазична складова – це швидкоплинні зміни провідності шкіри, що виникають на фоні тонічної складові в результаті впливу різних подразників. Величина фазичної реакції становить кілька відсотків від тонічної, а її сигнал оцінюється за амплітудою й латентним періодом. Форма сигналу фазичної складові дає можливість виділити такі параметри, як час наростання й час спадання реакції, що мають інформативне значення [77, 81, 82].

Для введення сигналу в мікроконтролер здійснюється його дискретизація й квантування. При цьому вибір умов дискретизації сигналу ШГР пов'язаний не тільки з його частотною характеристикою, але й з необхідністю вимірювання низки часових параметрів сигналу, що мають значення при фізіологічних дослідженнях.

Часові параметри фазичної складового сигналу (рис. 3.13) лежать у таких межах:

– латентний період, або період від моменту подачі подразника до моменту появи реакції (T) – від 1,5 до 3 с;

– період від моменту подачі подразника до максимальної амплітуди сигналу (T_2) – від 3 до 6 с;

– період наростання реакції від 50 до 100 % амплітуди сигналу (T_3) – від 0,5 до 1,5 с;

– період спаду реакції від 100 до 50 % амплітуди сигналу (T_4) – від 0,5 до 2,5 с.

При прямому способі вимірювання величина періоду T визначається співвідношенням $T = n \cdot \Delta T$, де ΔT — інтервал (крок) дискретизації; n — число кроків дискретизації в цьому періоді.

При цьому точність вимірювання залежить від величини ΔT , яка для оцінки найбільш короткого часового параметра – періоду наростання реакції з точністю 1 % – повинна бути порядку 5 мс, а частота дискретизації 200 с^{-1} відповідно.

У той же час для відновлення форми сигналу методом зворотного перетворення Фур'є, відповідно до теореми Котельникова, достатній крок дискретизації ΔT порядку 100 мс, а частота дискретизації 10 с^{-1} .

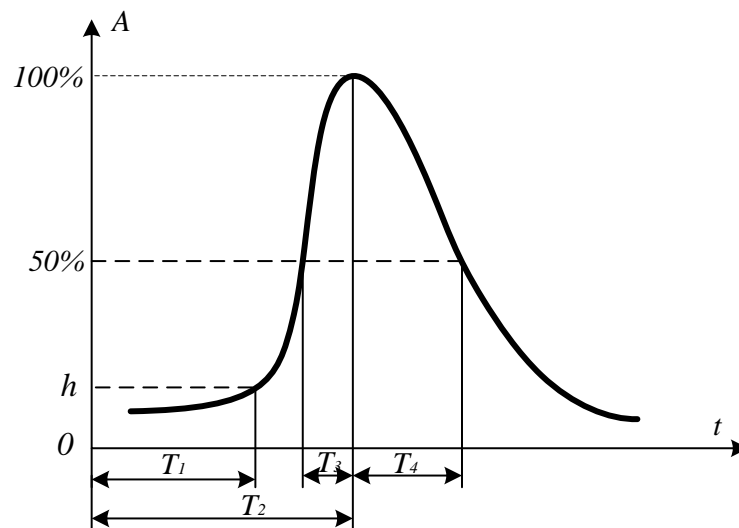


Рисунок 3.13 – Параметри фазичної складового сигналу ШГР

При розробці апаратної частини модуля, що забезпечує виділення сигналу ШГР і його розподіл на складові, модифіковані схемні рішення, описані в [76, 83]. Вимірювання провідності шкіри здійснюється при живленні вимірювального ланцюга постійним струмом напругою в 1 В. Отриманий сигнал ШГР розділяється на тонічну й фазичну складові за допомогою фільтра верхніх частот, що має постійну часу 1 с.

При реєстрації фазичної складової провідності шкіри ми отримуємо масив даних на основі якого будуємо експериментальну криву. Нехай $U_e(t)$ – експериментальна крива, використовуючи логарифмічно-нормальний закон розподілу, отримаємо

$$U_{теор} = \frac{h}{2\pi\sigma^2} \frac{1}{t} e^{\left(-\frac{(\ln t - t_0)^2}{2\sigma^2}\right)}. \quad (3.6)$$

$$\int_0^{t_k} [U_e(t) - U_{теор}(t)]^2 dt = I(\sigma, h_{\max}) \rightarrow \min. \quad (3.7)$$

де t_σ – знаходяться як локальні тах $U_e(t)$;

$$t_0 = \ln t_\sigma - \frac{1}{2}, \quad i = 1, 2;$$

$$h_{\max} = \frac{h}{2\pi\sigma^2} \frac{1}{t_\sigma} \exp\left[-\frac{1}{8\sigma^2}\right].$$

Варіюємо σ чисельним методом і вибираємо *min*. Межі для варіацій σ , (рис. 3.14) $\sigma \in \left[\frac{1}{4}\Delta, 2\Delta\right]$

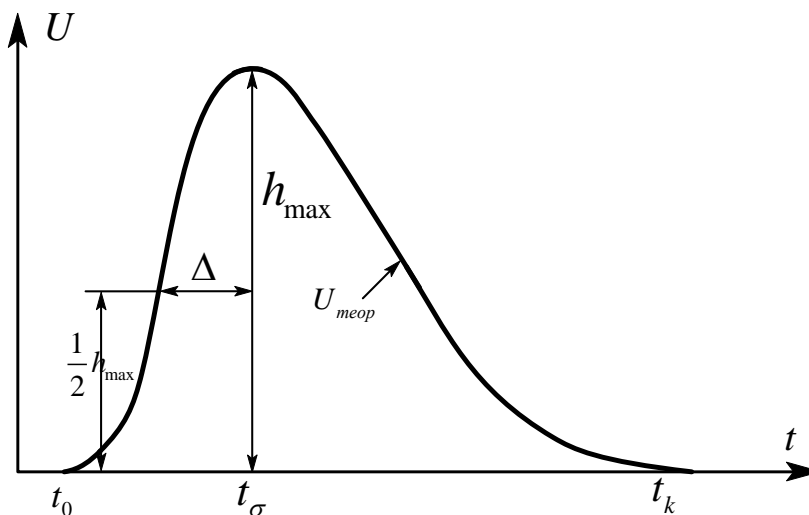


Рисунок 3.14 – Визначені межі для варіації

Алгоритм математичної обробки експериментальної кривої сигналу шкірно-гальванічної реакції представлений на рисунку 3.15.

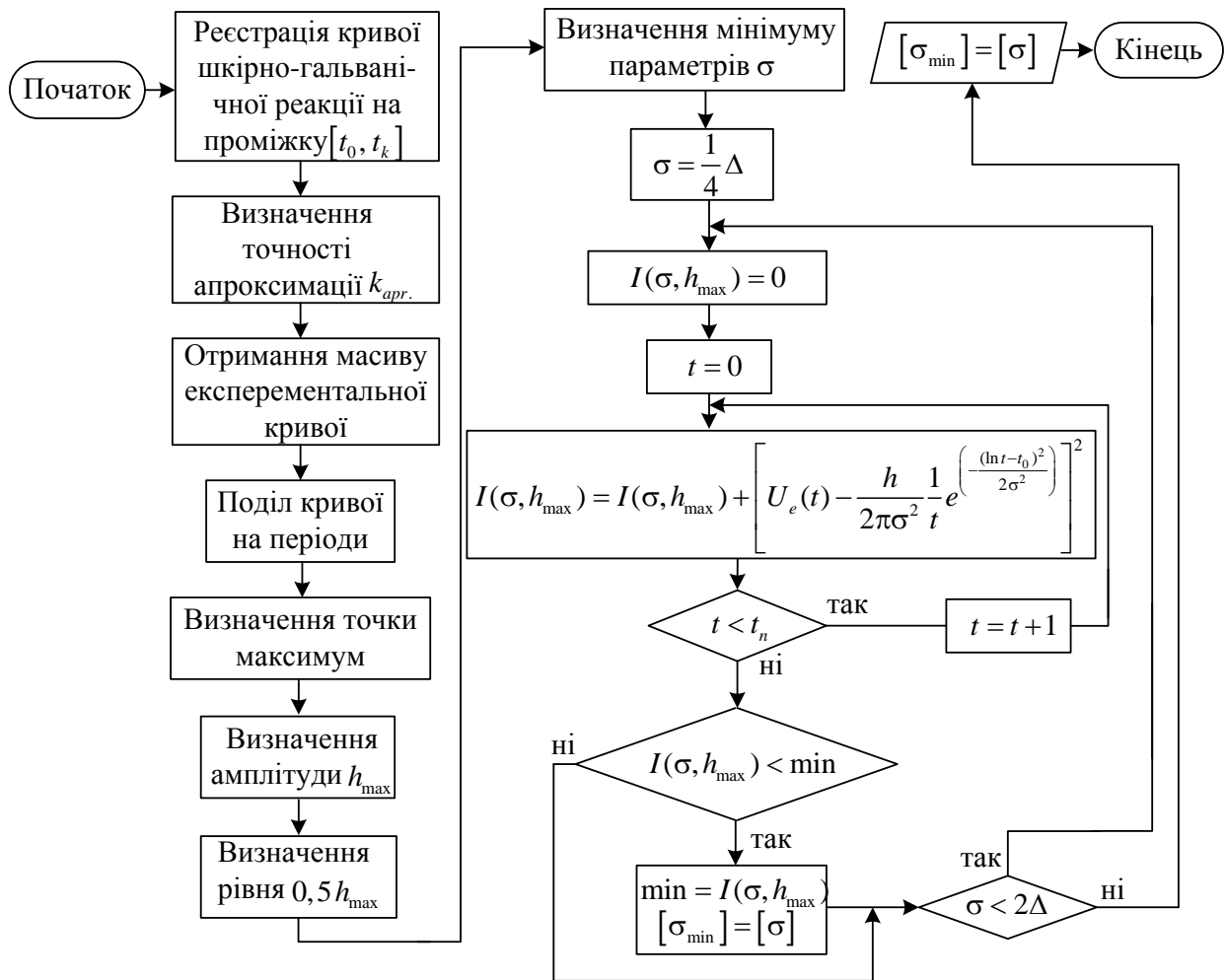


Рисунок 3.15 – Алгоритм математичної обробки експериментальної кривої фазичної складової шкірно-гальванічної реакції

Алгоритми введення й оброблення сигналів, за аналогією з [83], передбачають виділення й оцінку таких параметрів ШГР: рівня тонічної складової; амплітуди фазичної складової; амплітуди фазичної складової, вираженої у відсотках від рівня тонічної складової; латентного періоду, що визначається після досягнення амплітудою сигналу встановленого порога; латентного періоду, визначаємого за формою сигналу реакції; періоду часу від моменту подачі подразника до максимальної амплітуди сигналу; періоду наростання реакції від 50 до 100 % амплітуди сигналу; періоду спаду реакції від 100 до 50 % амплітуди сигналу.

3.4 Розроблення програмного забезпечення БТС-М ФС

3.4.1 Вимоги до обчислювального комплексу (стаціонарної частини)

Для роботи комплексу використовується ПЕОМ, що повинна відповідати таким вимогам:

- тактова частота процесора — не менше 1,5 ГГц;
- об'єм оперативної пам'яті — не менше 512 МБайт;
- об'єм загальної пам'яті на жорсткому диску — не менше 20 ГБайт;
- роздільна здатність монітора — не менше 1024×768 пікселів.

3.4.2 Вибір середовища розроблення програмного забезпечення

Програмну частину апаратно-програмного комплексу можна розробляти на різних мовах програмування таких як Turbo Pascal, C, C++, Fortran, Assambler, Delphi та багатьох інших [84–89]. Оскільки це програмне забезпечення буде розроблятися під операційну систему XP, то програмну частину краще виконувати на мові Delphi фірми Borland, яка, в порівнянні з іншими мовами програмування, має такі переваги [90]:

- об'єктно-орієнтована методологія;
- компонентна архітектура, яка забезпечує повторне використання програмного коду;
- відкритість архітектури;
- повнофункціональний інтерфейс середовища розробки;
- відносно невисокі вимоги до апаратного та програмного забезпечення;
- додаткові сервісні програми для спрощення програмування (програма для налаштування програм, які розробляються, програми — конвертери, інспектор об'єктів — можливість візуального встановлення властивостей компонентів (форма, розмір, місце, колір тощо), суфлер коду — утиліта, яка спрощує написання програм тощо);
- підтримка інших бібліотек таких як OWL, MFC, та функцій Windows API – можливість компіляції програм, які написані на мовах програмування Borland Pascal 5.0, Turbo Pascal, 7.0;
- зв'язок з мовою програмування Builder C.

3.4.3 Інструкція розробника програмного забезпечення

Програмне забезпечення біотехнічної системи складається з декількох частин і включає [91, 92]:

- модуль керування, забезпечує індикацію бійця; вибір режиму бойової діяльності; відображення результатів обробки інформації про бійця, що надійшла від розрахункових модулів та бази даних;
- програмно-керовані модулі, що забезпечують виконання алгоритмів одержання чисельних показників фотоплетизмограми, шкірно-гальванічної реакції, температури тіла, частоти серцевих скорочень та коефіцієнтів психоемоційної стійкості бійця;
- програмне забезпечення мобільного блока, що забезпечує зв'язок пристрою з ПЕОМ для передачі даних і керуючих сигналів по лінії радіозв'язку;
- програмне забезпечення системи керування базою даних, яке здійснює формування бази даних при реєстрації бійця, запис інформації в БД, результатів моніторингу, одержаних від програмних методик, здійснює накопичення та зберігання даних.

При реалізації програмно-апаратної частини розроблюваного комплексу необхідно визначити вимоги та розробити раціональну структуру програмного забезпечення для його оптимального функціонування в умовах бойової операції.

Програмне забезпечення має бути встановлено на кожній робочій станції, яка забезпечує необхідною інформацією командира операції. Зрозуміло, що використання для робочої станції високопродуктивного персонального комп'ютера із програмним забезпеченням досить затратне, тому бажано застосувати клієнт-серверну технологію. При цьому на робочих місцях можна застосовувати менш потужні термінали, які є більш дешевшими за високошвидкісні серверні станції. При такій технології найбільш ресурсомістку роботу виконує сервер, а робоча станція (клієнт) забезпечує лише роботу мобільних блоків та блоків відображення інформації (рис. 3.16) [93].

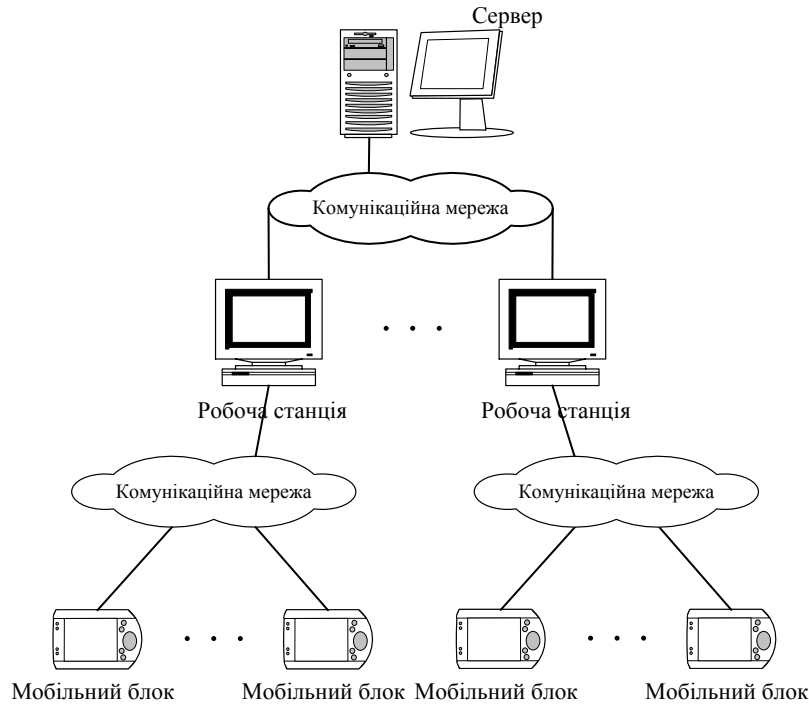


Рисунок 3.16 – Структура раціональної організації програмного комплексу

Окрім зазначеного, розроблюваний комплекс повинен задовольняти такі вимоги:

- Зручність сприйняття одержаної інформації (керівник бойовою операцією має можливість здійснювати моніторинг бійця з відхиленнями його параметрів від норми);
- зручна система управління базами (видалення, додавання особи (бійця), внесення коректив в його персональні дані, експорту/імпорту і редагування бази даних/знань);
- наявність системи збору та обробки статистичної інформації результатів при проведенні тестування (операції);
- зручність організації оперативного контролю процесу прийняття рішень командиром, під час бойової операції.

Як запропоновано у [56], в розробленому програмно-апаратному комплексі можна виділити 4 рівні (рис. 3.17):

- 1 рівень – програмне забезпечення мобільного блока;
- 2 рівень – керуючі прорами, які реалізують методики обробки прийнятої інформації;
- 3 рівень – модуль керування;
- 4 рівень – система керування базою даних.

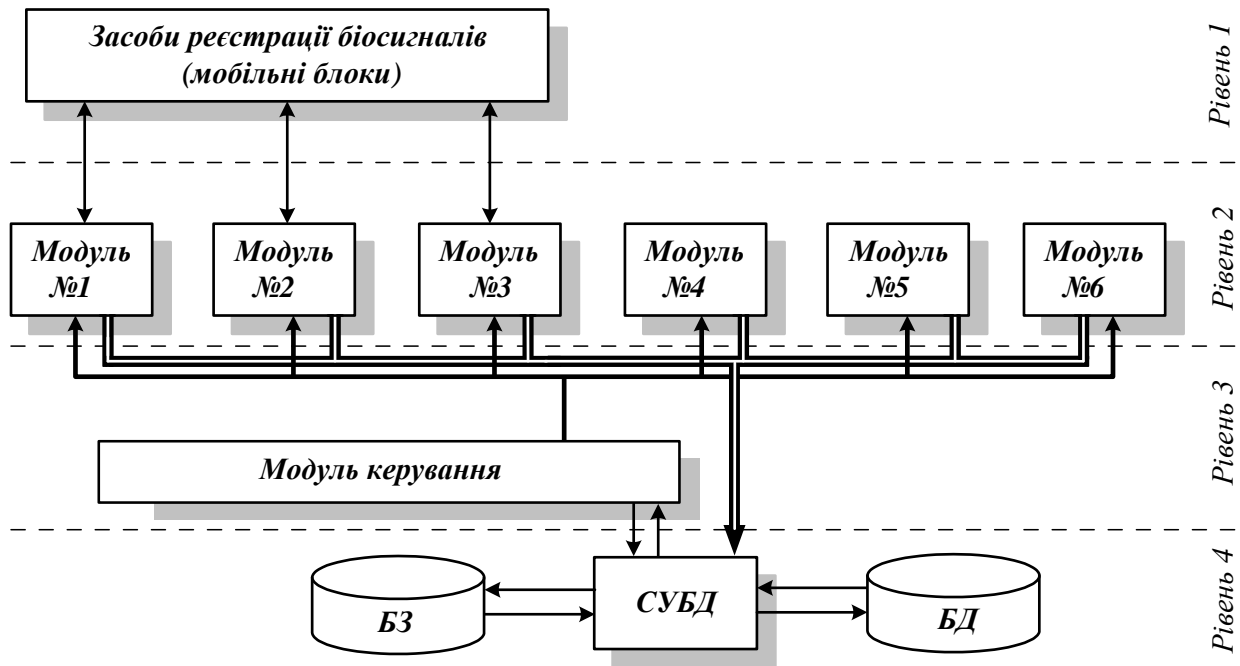


Рисунок 3.17 – Функціональна схема програмно-технічного комплексу

Модулі №1–3 (модулі другого рівня) взаємодіють з внутрішнім програмним забезпеченням мобільного блока (перший рівень).

Керуючі програми, забезпечують управління і контролюють роботу кожного мобільного блока, що підключений до робочої станції, а також роботу приймально-передавальної частини комплексу.

Модулі другого рівня (№ 5, № 6) використовують інформацію з БД, одержану раніше, як від модулів першого рівня так і експерта (командира операції) [94], а модуль № 5 реалізує методику розрахунку коефіцієнтів психофізіологічної надійності бійця.

Для реалізації методик було використано мову об'єктно-орієнтованого програмування Delphi 7 фірми Borland.

В якості прикладу наведемо короткий опис модулів розробленого комплексу.

Програма складається з таких модулів:

Dm_Main.pas – дата-модуль, в якому містяться VCL компоненти доступу до СУБД Firebird [95] (лістинг коду програми наведено в додатку Ж).

Main.pas – модуль головної форми, в якому відображаються всі персональні дані бійця. В модулі реалізовано низку важливих функцій, таких як побудова

інтерфейсу користувача, зчитування необхідних даних з СУБД. А також виконується звертання до модуля опитування датчиків, для одержання даних про певного бійця ((лістинг коду програми наведено в додатку К).

EditRec.pas – модуль з особистою карткою бійця. Відображення та редагування даних, побудова діаграм. В процедурі RefreshDataFromParam реалізовано побудову діаграм, вона викликається після зчитування даних з модуля опитування порта, у випадку якщо на екрані відкрита картка бійця, що дозволяє в реальному часі спостерігати за виміряними параметрами (лістинг коду програми наведено в додатку Л).

Pnl_frame.pas – фрейм-модуль даних бійця, з таких модулів будується Головна форма, а також в цьому модулі здійснюється опитування датчиків (лістинг коду програми наведено в додатку М).

ScanPort.pas – модуль містить опис процедур та функцій, які здійснюють зв'язок ПЕОМ з мобільними блоками.

Основні функції модуля:

- підготовка порту до зв'язку;
- одержання сигналу готовності пристроїв;
- одержання вимірюваних параметрів з мобільних блоків.

3.5 Програмно-апаратний комплекс БТС-М ФС

Основною програмною оболонкою комплексу є «Головна форма» (рис. 3.18). В ній відображені дані про бійців, які на цей час підключені до системи: їх персональні дані, посада, вид діяльності (поставлене завдання), а також відображені показники психоемоційного та психофізіологічного стану к1...к5. Запропоновані коефіцієнти мають таке кольорове відображення: зелений колір — область допустимих значень зміни параметра; жовтий колір — область значень параметрів для прийняттого ризику виконання завдання; червоний колір — область значень параметрів для неприйняттого ризику виконання [56].

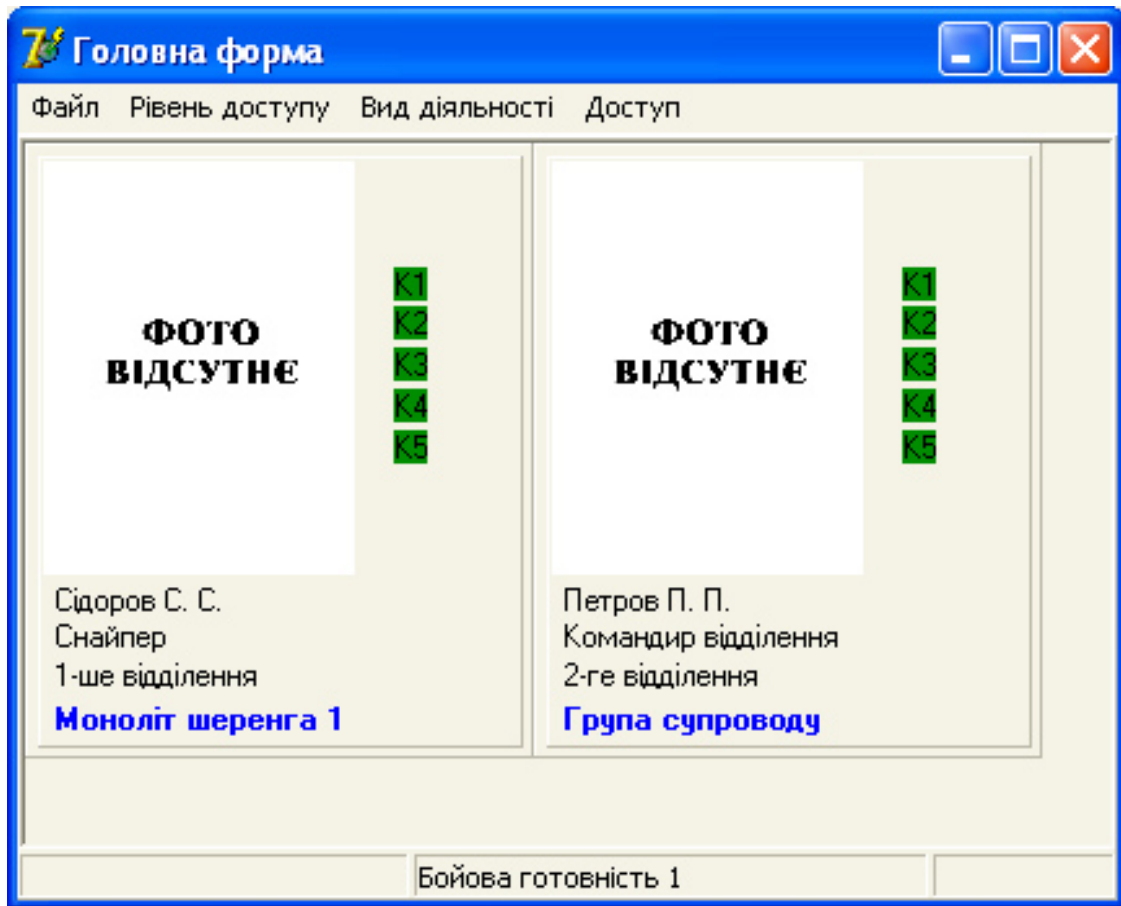


Рисунок 3.18 – Головна форма програмного забезпечення розроблювального комплексу

Ця методика відображення значення параметрів дозволяє експерту за допомогою візуального сприйняття оцінити параметри конкретного бійця, мати уявлення про стан як конкретного бійця, так і групи бійців в цілому. Також використовується звукова сигналізація при виході параметрів бійця за область значень прийнятної ризику, при чому ця функція може бути активована оператором самостійно.

Головна форма програми дозволяє також задавати вид діяльності для всієї групи бійців в головному меню і відображати поставлене завдання для кожного бійця персонально (рис. 3.19).

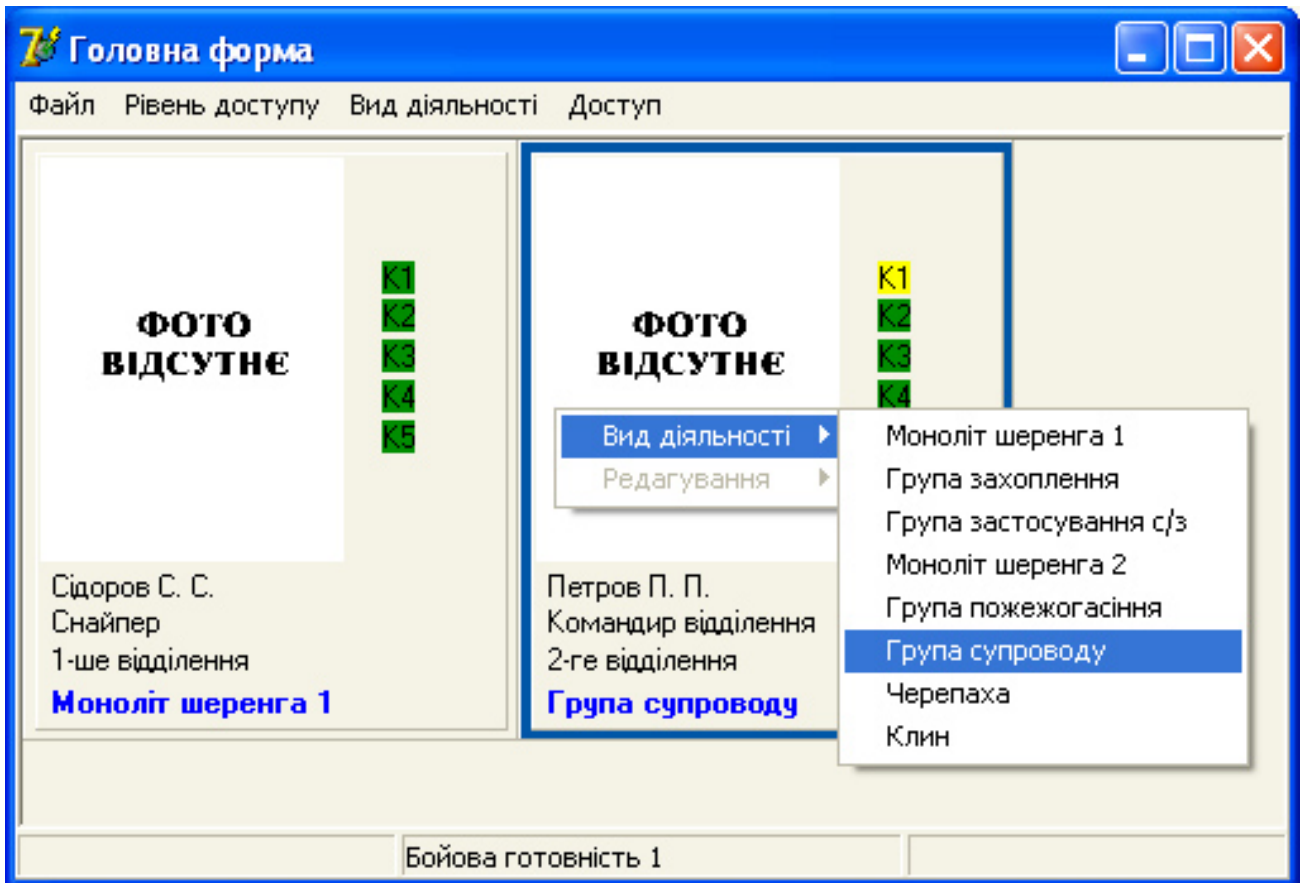


Рисунок 3.19 – Персональне встановлення виду діяльності

Вкладка «Персональні дані бійця» (рис. 3.20), у вікні «Перегляд даних», відображає інформацію про бійця, його посаду та обов'язки, час перебування на цій посаді, кількість бойових операцій та кількість збоїв під час їх виконання. На вкладці відображені виміряні значення шкірно-гальванічної реакції, фотоплетизмограми, частоти серцевих скорочень, температури тіла та розраховані показники психоемоційного та психофізіологічного стану $k_1...k_5$ [38].

Перегляд даних

Персональні дані бійця | Рекомендації з використання бійця

**ФОТО
ВІДСУТНЄ**

Персональні дані

Прізвище Петров	Військове звання Прапорщик
Ім'я Петро	Посада Командир відділення
По-батькові Петрович	Відділення 2-ге відділення
Дата народження 12.01.1981	Час перебування на посаді 0

К-сть бойових операцій
4

К-сть збоїв при виконанні операції
0

Параметри

ЧСС 71
Уд/хв

SpO2 % 99

ШГР 0,78

t⁰C 36,7
тіла бійця

t⁰C 17,1
повітря

Коефіцієнти психофізіологічної надійності бійця

K1 0,63 K2 0,60 K3 0,65 K4 0,62 K5 0,23

Зберегти Закрити

Рисунок 3.20 – Вікно «Перегляд даних», вкладка «Персональні дані бійця»

Вкладка «Рекомендації з використання бійця» рис. 3.21, у вікні «Перегляд даних» складається з двох діаграм і відображає резервні можливості бійця під час виконання поставленої задачі (діаграма в верху) та рекомендації щодо використанні бійця у певних бойових порядках: «моноліт шеренга 1», «моноліт шеренга 2», «черепашка», «клин» і т. д. Цього бійця рекомендовано застосовувати в таких бойових порядках як: «група захоплення» та «група супроводу» і не рекомендується його застосування в бойовому порядку «моноліт» як в першій так і другій шерензі.

Для отримання доступу до редагування персональних даних бійця, додавання в підрозділ або видалення бійця з підрозділу, необхідно ідентифікувати особу та одержати право на доступ. В таблиці наведено зразок ранжування прав доступу до бази даних.

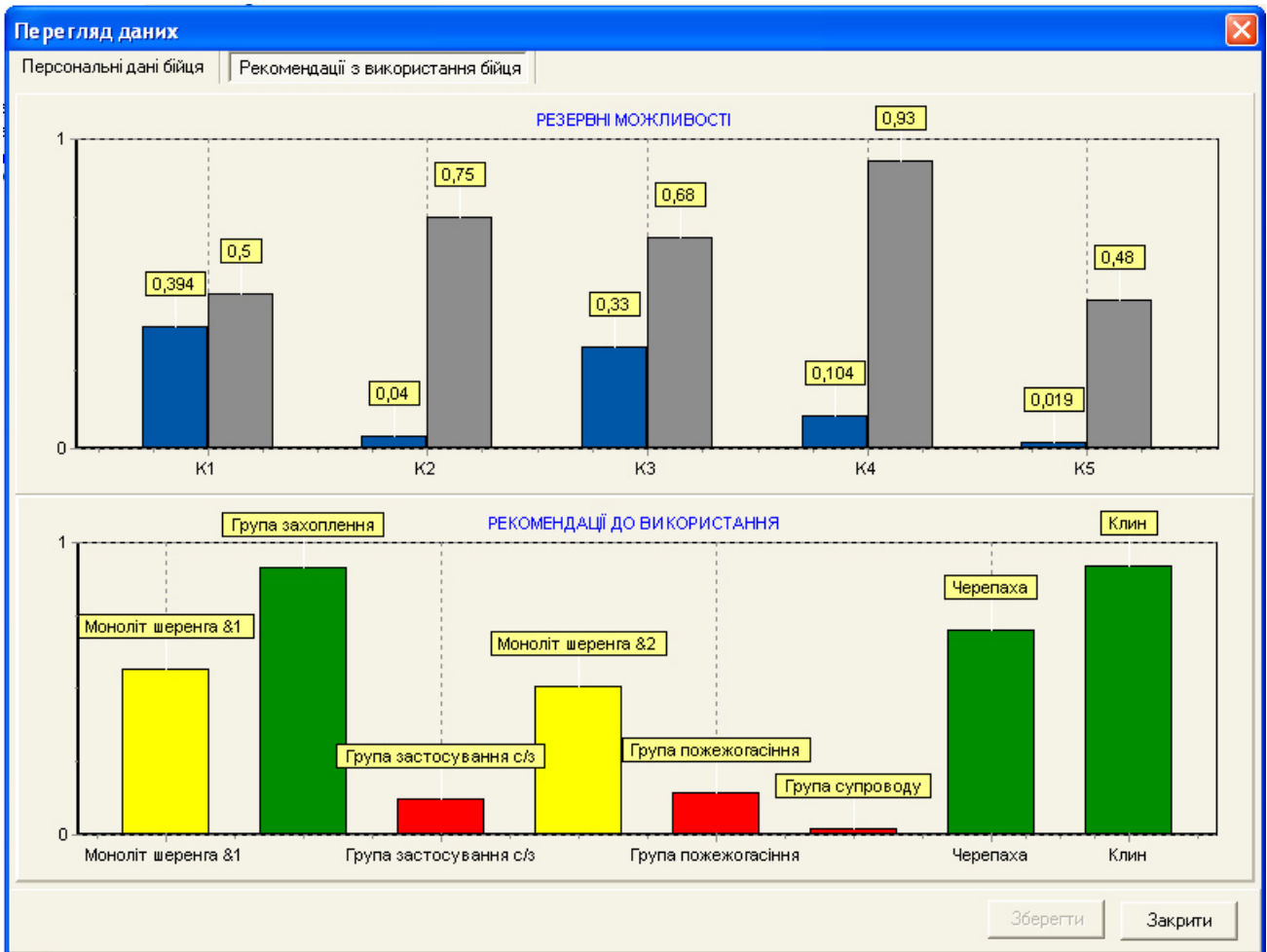


Рисунок 3.21 – Вікно «перегляд даних»: вкладка
«Рекомендації з використання бійця»

Ранжування прав доступу до бази даних наведено в таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Ранжування прав доступу до бази даних

Рівень прав	Опис
Обмежений доступ (Керівник операцією)	Зчитування і перегляд даних, зміна бойової обстановки та роду діяльності бійця
Адміністратор (Оператор)	Внесення, редагування, зчитування і видалення даних, максимальний рівень доступу

Право доступу визначає персональний пароль, який вводить оператор при запиті на дозвіл редагування персональних даних, що дозволяє формувати декілька рівнів доступу, необхідних для захисту певних областей пам'яті програми і бази даних.

3.6 Висновки до розділу 3

1. Запропоновано конструктивну реалізацію носимого блока первинної реєстрації та оброблення фізіологічних сигналів у вигляді браслету, де розташовані датчики фотоплетизмограми, ШГР, температури тіла, температури навколишнього середовища, GPS приймача, який забезпечує моніторинг відповідних психофізіологічних характеристик під час проведення бойової операції.

2. Розроблено узагальнений алгоритм психологічного відбору бійців спецпідрозділів за тестом «Визначення типу особистості», який на відміну від існуючих забезпечує їхнє ранжування за ознакою функціональної напруги на три групи на етапі відбору до спецпідрозділу і періодичний контроль їхнього функціонального стану.

3. Сформовано вимоги до структури та алгоритму функціонування біотехнічної системи функціонального моніторингу, обумовлені базовою структурою системи, специфікою її побудови, умовами застосування і, які в повній мірі відповідають основним принципам створення аналогічних систем: комплексності, надійності, системності.

Результати досліджень, що увійшли до розділу 3, опубліковані в [56–58, 67, 68, 76, 94].

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ БІЙЦІВ

4.1 Оцінювання ефективності методу для визначення діяльності спецпідрозділу

Розроблена діагностична система реалізує модель підбору бойових порядків для бійця з певними психоемоційними показниками. Цю модель можна представити як перехід від множини доступних варіантів до одного, найбільш відповідного за психофізіологічними характеристиками варіанту (типу бойового порядку) (рис. 4.1).

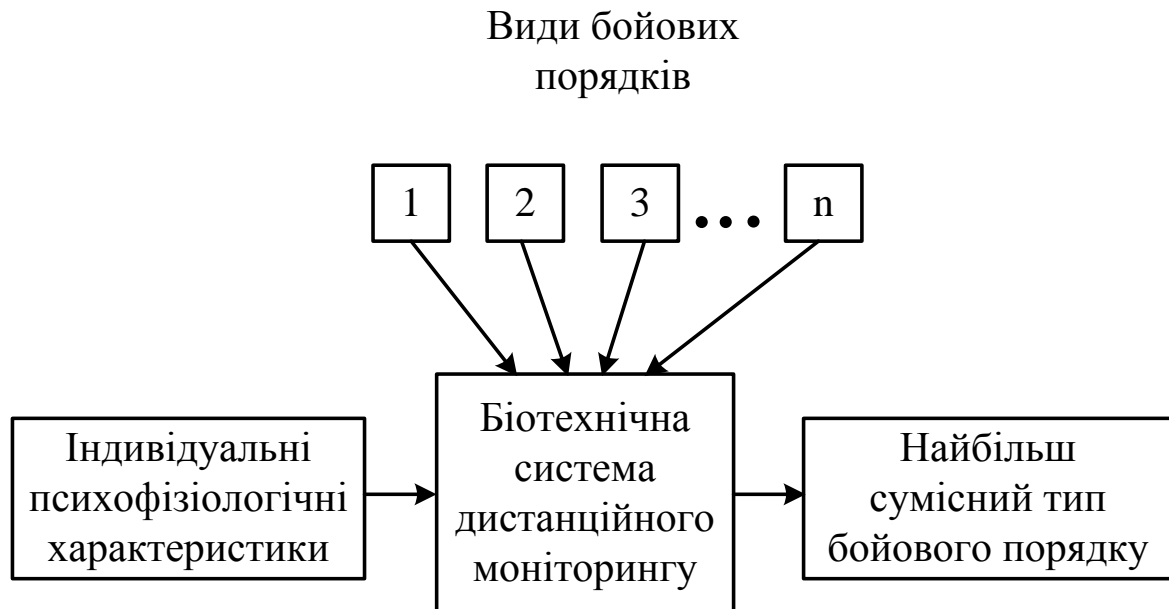


Рисунок 4.1 – Схема моделі вибору бойового порядку за допомогою розробленої системи

Ефективність діяльності спецпідрозділу визначалась за двома етапами. Перший етап полягає в тому, що рекомендації з використання бійця спецпідрозділу в тому чи іншому бойовому порядку розробленої системи порівнювалися з думкою експертів щодо відповідності цього бойового порядку даному бійцю під час проведення тренувань.

При порівнянні рекомендацій, сформованих за допомогою розробленої системи з думкою експертів, була сформована група експертів, до якої увійшли

офіцери управління та командири рот спецпідрозділу ВВ МВС України – всього 13 чоловік.

Компетентність експертів оцінювалась за допомогою коефіцієнта компетентності

$$K_e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N k_{ie}, e=1 \dots N, \quad (4.1)$$

де i – порядковий номер експерта;

N – кількість експертів;

k_{ie} – думка i -го експерта про компетентність e -го експерта, виражена у відсотках від максимальної компетентності з точністю до 1 % (або 0,01).

Поріг компетентності експертів був прийнятий на рівні 75 % (0,75).

Дані про компетентність експертів, усереднені за стажом роботи, професією і віком наведені відповідно, у таблицях 4.1, 4.2 і 4.3.

Таблиця 4.1 – Компетентність експертів, усереднена за віком

Кількість експертів	Стаж роботи	Середній рівень компетентності
6	Від 3 до 7 років	81 %
4	Від 7 до 10 років	88 %
3	Більше 10 років	93 %

Таблиця 4.2 – Компетентність експертів, усереднена за професією

Кількість експертів	Професія	Рівень компетентності
5	Офіцери управління	89,5 %
8	Командири підрозділів	88,7 %

Таблиця 4.3 – Компетентність експертів, усереднена за віком

Кількість експертів	Вік	Середній рівень компетентності
3	Від 23 до 30 років	82 %
3	Від 31 до 40 років	87 %
4	Від 41 до 45 років	92 %
3	Більше 45 років	79 %

Експертам було запропоновано визначити із п'яти продемонстрованих (відпрацьовувались бойові порядки: моноліт-шеренга 1, клин, черепаха, група захоплення, група супроводу) той тип бойового порядку, який найбільш вдало виконує, на їхню думку, кожний із 27 бійців. По кожному бійцю формувалася множина експертних рекомендацій, за якими максимально відповідний тип бойового порядку визначався абсолютною більшістю голосів експертів стосовно певного типу бойового порядку.

Також по кожному бійцю було сформовано висновок за допомогою розробленої системи. Порівняльні результати проведених досліджень представлені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Порівняння рекомендацій розробленої системи з експертним оцінюванням

Тип бойового порядку	Висновок		Кількість збігів
	за допомогою розробленої системи	за експертною оцінкою	
«Моноліт шеренга-1»	8	9	7
«Клин»	7	6	5
«Черепаха»	7	8	6
«Група захоплення»	2	2	1
«Група супроводу»	3	2	2
Всього:	27	27	22 або 78 %

Як бачимо, досить великий відсоток збігів (78 %) між думкою експертів та даною системою доводить адекватність останньої.

На другому етапі досліджень ефективності діяльності спецпідрозділу проводилось тренування з виконання завдання у вищезазначених бойових порядках. Таким чином група бійців здійснювала 2 серії тренувань.

Перша серія тренувань включала в себе побудову бойового порядку, з довільно відібраних командиром тренувань бійців, та виконання ним поставленої задачі.

В свою чергу друга серія тренувань повторювала ті самі задачі, що і перша, але бійці для бойового порядку відбирались з використанням розробленої системи.

Ефективність діяльності спецпідрозділу з використанням системи визначалась за формулою

$$k_{\text{еф.}} = \frac{k^{\text{із сист.}}}{k^{\text{без сист.}}}, \quad (4.2)$$

де $k_{\text{еф.}}$ – рівень ефективності діяльності підрозділу;

$k^{\text{із сист.}}$ – коефіцієнт успішності виконання завдання із використанням розробленої системи;

$k^{\text{без сист.}}$ – коефіцієнт успішності виконання завдання без використання розробленої системи;

$$k^{\text{із сист.}} = \frac{k_{\text{успішне}}^{\text{із сист.}}}{k_{\text{заг.}}^{\text{із сист.}}}, \quad (4.3)$$

де $k_{\text{успішне}}^{\text{із сист.}}$ – кількість успішно виконаних бойових завдань з використанням системи;

$k_{\text{заг.}}^{\text{із сист.}}$ – загальна кількість бойових завдань з використанням системи;

$$k^{\text{без сист.}} = \frac{k_{\text{успішне}}^{\text{без сист.}}}{k_{\text{заг.}}^{\text{без сист.}}}, \quad (4.4)$$

де $k_{\text{успішне}}^{\text{без сист.}}$ – кількість успішно виконаних бойових;

$k_{\text{заг.}}^{\text{без сист.}}$ – загальна кількість бойових завдань.

Порівняння результатів експериментальних тренувань з використанням і без використання розробленої системи, наведено в таблиці 4.5 (див. додаток Д).

Таблиця 4.5 – Порівняльний аналіз результатів тренувань з використанням і без використання розробленої системи

Бойовий порядок	Із використанням системи		Без системи		$k^{\text{із сист.}}$	$k^{\text{без сист.}}$	$k_{\text{еф.}}$
	заг. к-ть	усп. вик.	заг. к-ть	усп. вик.			
1	2	3	4	5	6	7	8
«Моноліт шеренга-1»	36	34	38	32	0,94	0,84	1,12
«Клин»	21	20	29	21	0,95	0,72	1,32
«Черепаха»	19	18	14	11	0,95	0,79	1,2
«Група захоплення»	14	13	16	13	0,93	0,81	1,15
«Група супроводу»	15	13	18	12	0,87	0,67	1,3
						$k_{\text{еф. сер.}} = 1,218$	

Як бачимо, середня ефективність виконання спецпідрозділом поставленого завдання з використанням системи зросла на 21,8 %.

Інтегральним показником ефективності методу є сукупність діагностичних, економічних та соціальних складових.

Діагностична ефективність впровадження апаратури та методики визначення ФС бійця для подальшого максимально ефективного і безпечного її застосування має вигляд

$$k_{\partial} = \frac{n_{\partial}}{N_{\partial}}, \quad (4.5)$$

де k_{∂} – коефіцієнт діагностичної ефективності;

n_{∂} – кількість бійців, для яких фіксувався точний та достовірний результат;

N_{∂} – загальна кількість протестованих.

Таким чином, експериментально визначений коефіцієнт діагностичної ефективності для розробленої системи становить $k_{\partial} = 0,78$.

Високий коефіцієнт діагностичної ефективності, в свою чергу, приводить до зростання економічного ефекту. Цей метод економить ресурси та час на визначення максимальної сумісності бійців в певних бойових порядках, одночасно сприяючи тренуванню і напрацюванню професійно важливих навичок.

Коефіцієнт економічної ефективності

$$k_e = \frac{n_e}{N_e}, \quad (4.6)$$

де n_e – нормативні витрати;

N_e – фактичні витрати, що супроводжують впровадження і використання цього методу. Для запропонованої системи $k_e \approx 0,65$.

Соціальну ефективність необхідно визначати з урахуванням: ступеня задоволення бійців та командування спецпідрозділів МВС, покращання рівня комплексного дослідження, усунення та мінімізації можливості виникнення надзвичайних ситуацій психологічного та професійного характеру, поліпшення емоційного стану бійців, пов'язане з тим, що він максимально підходить для

виконання цього бойового порядку.

Коефіцієнт соціальної ефективності

$$k_c = \frac{n_c}{N_c}, \quad (4.7)$$

де n_c – кількість позитивних відповідей у зв'язку з проведеними організаційними, діагностичними методами та засобами діагностування;

N_c – загальна кількість відповідей. Для цієї системи $k_e \approx 0,85$.

Інтегральний коефіцієнт ефективності методу визначається як добуток коефіцієнтів діагностичної, економічної та соціальної ефективності

$$k_i = k_d \cdot k_e \cdot k_c, \quad (4.8)$$

де k_d – коефіцієнт діагностичної ефективності;

k_e – коефіцієнт економічної ефективності;

k_c – коефіцієнт соціальної ефективності.

У формулу (4.4) за необхідності вводяться вагові коефіцієнти для кожного з коефіцієнтів-множників. Згідно з експертними оцінками, проведеними тією ж групою експертів (див. табл. 4.1 і 4.2), визначальним фактором при оцінювання роботи системи є коефіцієнт діагностичної ефективності. Тому для нього введено ваговий коефіцієнт 1,8, для інших він рівний одиниці.

Оціночний інтегральний коефіцієнт ефективності для розробленої системи склав $k_i \approx 0,77$. Проте при ширшому впровадженні системи цей показник збільшуватиметься за рахунок підвищення коефіцієнта економічної ефективності.

4.2 Порівняльний аналіз розробленої системи та існуючих аналогів

Системи дистанційного моніторингу і контролю функціонального стану людини є поширеним засобом реєстрації поточного фізіологічного і психоемоційного стану, що знаходить застосування у медичній діагностиці, посттравматичній та постклінічній реабілітації, у любительському та професійному спорті, в операторській діяльності різного профілю спеціалізації тощо.

Біотехнічна система для дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів є одним із перших апаратно-програмних засобів моніторингу і корекції функціонально-психофізіологічного стану бійців спецпідрозділів в умовах реальних бойових дій, яка дозволяє на основі аналізу біомедичних даних, що реєструються в режимі постійного моніторингу, робити висновок про діє- і боєздатність кожного конкретного солдата або півробітника і таким чином, здійснювати адекватне ситуації управління їх діями.

Особливістю запропонованої системи є не тільки сфера застосування, але й індуковані нею вимоги до апаратного та алгоритмічного забезпечення системи. Мобільна підсистема датчиків біомедичної інформації, яка розміщується на тілі бійця, реалізована у вигляді наручного браслета, виконаного з урахуванням всього спектра рухів, які може виконувати боєць в ході спецоперації. Вимоги до чутливості та завадозахищеності датчиків та електродів були підвищені у зв'язку з потенційною можливістю їх роботи в несприятливих метеорологічних та кліматичних умовах та за значних фізичних навантажень. Конструкція браслета запобігає потраплянню в зону контакту датчиків з тілом людини сторонніх предметів (пил, бруд, пісок тощо).

Система дозволяє з високим ступенем достовірності одержувати всі необхідні первинні дані, які передаються на базову станцію через радіоканал, і які достатні для формування судження про поточний стан кожного конкретного бійця в умовах їх взаємодії між собою і з середовищем, чого не дозволяє здійснювати жоден з відомих засобів дистанційного контролю функціонального стану.

Незважаючи на те, що пропонована система у функціональному і конструктивному відношенні стоїть окремо від інших дистанційних систем реєстрації функціонального стану, вона є подібною апаратно-програмним засобам і належить до одного класу систем дистанційного моніторингу стану біологічного об'єкта. Тому, враховуючи відсутність безпосередніх аналогів, це дає змогу провести порівняльний аналіз розробленої системи і характерних представників цього класу технічних засобів. Будемо розглядати такі системи, які дозволяють людині рухатися у звичному режимі незалежно від прямих професійних обов'язків.

Так, відома радіоканальна система дистанційного моніторингу параметрів центральної гемодинаміки (РС ДМ ПЦГ) [96], до складу якої входять: реокардіомонітор (єдина електродна система), передавач, центральний монітор, базова станція, яка забезпечує прийом, обробку і візуалізацію результатів в

режимі реального часу). Спеціалізований протокол з часовим розподілом каналів дозволяє одночасно монітувати до 4 пацієнтів. Особливістю цієї системи є те, що нормуючий фільтр-підсилювач на виході синхронного детектора забезпечує передачу сигналів базового імпедансу і пульсової складової реограми одним каналом. Недоліками системи є: обмежений ресурс автономного джерела живлення; аналогові фільтри інфранизких частот містять великогабаритні компоненти, що не задовольняє вимоги портативності; в умовах природної рухливості пацієнта існує імовірність спотворення діагностичних реограм (у зв'язку з фізіологічними особливостями їх одержання).

Пристрій для доплерівської локації [97] (ПДЛ) дозволяє дистанційно реєструвати артеріальний пульс і частоту дихання, при чому обидва параметри визначаються з одного базового – через мікропереміщення шкіри, які реєструються шляхом відбиття від шкіри електромагнітної надвисокочастотної хвилі, що дозволяє проводити оцінку психофізіологічного стану за відомими розрахунковими методиками. Отже, первинний сигнал в цій системі проходить потрібну трансформацію: оцифрування первинного аналогового сигналу, перетворення його на параметри артеріального пульсу і частоти дихання, перерахунок їх в умовні значення функціонального стану [98].

До складу апаратного забезпечення медичного радіотермометра РТМ-01-РЭС (Росія) входять [99]: антена (аплікатор), радіодатчик, датчик температури шкіри, блок обробки інформації, ПЕОМ. Вимірювання внутрішньої температури тіла здійснюється контактним способом. При цьому антена прикладається до шкіри пацієнта на проекції досліджуваного органа або його частини. Дані про температуру обробляються і можуть бути відображені на моніторі або принтері у вигляді термограми або у вигляді поля температур. Недолік – обмеженість в можливості діагностики загального непатологічного функціонального стану.

Багатоканальний радіотермограф «Раскат» (Росія) представляє собою апаратно-програмний комплекс [100], який складається з високочутливого приймача дециметрового діапазону хвиль (радіометра), комплекту антен-аплікаторів (за числом каналів) з пристроями закріплення на голові і тілі людини, персонального комп'ютера типу IBM і пакета програмного забезпечення. Передача інформації з радіометра на комп'ютер здійснюється в цифровому вигляді через стандартний порт-інтерфейс RS-232. У приладі передбачений світлодіодний контроль якості установки антен-аплікаторів на тілі (голові)

людини. Датчики температури шкіри розміщені під антенами. Додатково присутній датчик кімнатної температури. Крім недоліків попереднього приладу, ця система розрахована лише для кімнатного використання і характеризується великими габаритними параметрами антен-аплікаторів.

Портативний прилад біоуправління фізичним тренуванням «Вектор» (Білорусь) закріплюється на поясі спортсмена [101]. М'які електроди встановлюються на грудну клітину для контролю динаміки частоти серцевих скорочень (ЧСС). Управління (біологічних зворотний зв'язок) здійснюється через звуковий сигнал на основі порівняння поточного значення ЧСС із заданими і змінними в часі межами. Область застосування: спорт вищих досягнень, оздоровча фізична культура, реабілітація.

Електричний кардіограф РПС-1 призначений для радіоприйому, підсилення і перетворення сигналів від радіопередавача РПД-1, конструктивно суміщеного з електродами і який встановлюється на тілі пацієнта. Недоліки: відсутність інтерфейсу не дозволяє підключити прилад до комп'ютера, тобто не можливо зберігати, запам'ятовувати і швидко обробляти діагностичну інформацію, малий радіус дії [102].

Дистанційний комплекс контролю функціонального стану (ДККФС) складається з передавача і радіоприймача [101]. Передавач має два електроди: сигнальний і пасивний. Сигнальний електрод кріпиться в активній зоні, а пасивний електрод є загальним. Електроди знімають сигнал, який передається по радіоканалу за допомогою антени на електричний кардіограф з частотою 27,12 МГц. Електричний кардіограф складається з приймача, дешифратора, детектора, підсилювача, підсилювача вертикального відхилення, електронно-променевої трубки, задаючого генератора горизонтальної розгортки, джерела живлення, високовольтного блока живлення, блока сполучення з комп'ютером, також до системи входить ПЕОМ та блок індикаторів. Підсилювач-обмежувач призначений для підсилення імпульсів, обмежених по амплітуді на рівні 30 мВ. Це дозволяє значно поліпшити заводозахист системи. Основні характеристики ДККФС: 25 каналів для вхідних даних; підключення до комп'ютера через паралельний порт; малогабаритність (лінійні розміри 228×110×28 мм, маса 0,4 кг); легко знімається і встановлюється; повна ізоляція по живленню, сумісність з іншою апаратурою; можливість модифікації.

Система підвищення ефективності оцінки і корекції психофізіологічного стану людини-оператора (СПЕ ОК ПФ СЛО, Росія) включає дві підсистеми [25]. Підсистема цілодобового моніторингу включає датчики електричної активності

шкіри (тонічна і фазична складова), фотоплетизмограми (2 канали), температури тіла і зовнішнього середовища. Інформація подається на мобільний блок первинної обробки і прийняття рішень. З нього відбувається трансляція по двонаправленому радіоканалу на базову станцію. Біологічний зворотний зв'язок реалізований через електрод стимуляції, що керується з базової станції. Комплекс датчиків виконаний у вигляді ручних і/або ножних браслетів (з урахуванням міжпівкульної асиметрії або без неї – у випадку одного браслета). Для оцінки ФС в стані активної роботи передбачено додаткову підсистему тимчасового моніторингу, яка включає: блок «шолом» з датчиками ЕЕГ, омегаметрії, датчиком частоти дихання і температури тіла; блок «костюм» з вмонтованими акселерометрами для реєстрації рухів; блок «стабілопідшви» для реєстрації інформації про поставу і ходу людини.

Система для контролю стану спортсменів «Иркут-1» [103] містить датчики ЧСС, частоти дихання та температури тіла людини. Передавач розміщений на поясі, радіус дії – до 500 м. Приймач радіосигналу може бути на відстані до 1,8 м від базової станції – комп'ютера. Конструкція датчиків обмежує вільний рух спортсмена і вносить елемент дискомфорту, зокрема використовується насадка на ніс.

Автори статті [104] пропонують систему дистанційного моніторингу на основі реєстрації кардіоінтервалів (СДМ РКІ). Передача сигналу здійснюється на основі бездротової технології ZigBee (включаючи координатор, маршрутизатори, кінцеві вузли – датчики). Її переваги – можливість автоматичного вибору найменш завантаженого частотного каналу і створення власної мережі передачі сигналу. Понижене енергоспоживання датчиків (використовуються датчики фірми Polar) досягається за рахунок режиму очікування кінцевих вузлів. На тілі людини відсутній блок первинної обробки сигналів. Точність реєстрації кардіоінтервалу – до 1 мс. Радіус дії 30 м. Протокол підтримує одночасну реєстрацію інформації від 12 операторів. Система застосовується для контролю функціонального стану операторів небезпечних технологій та військових спеціалістів.

Слід відзначити, що жодна з наведених систем не призначена для експлуатації безпосередньо в умовах бойового конфлікту та не може успішно замінити розроблену в цій роботі систему.

Зведене порівняння проаналізованих засобів наведене у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Порівняльний аналіз розробленої системи дистанційного моніторингу функціонального стану та існуючих аналогів

Характеристика	РС ДМ ПЦГ	ПДЛ	РТМ-01-РЭС	РАСКАТ	Вектор	РПС-1	ДККФС	СПЕ ОК ПФ СЛЮ	Иркут-1	СДМ РКІ	НАША СИСТЕМА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Параметри, що реєструються	реограма, ЕКГ	НВЧ відбиття від шкіри	t°	t°	ЧСС	ЕКГ	ЕКГ	ЕАК, ФПГ, t° + ЕЕГ й ін.	ЧСС, ЧД, t°	КІ	ФПГ, ЧСС, ЧД, t°
Тривалість моніторингу	тривалий	тимчасовий (ТЧ)	ТЧ	ТЧ	постійний	ТЧ	ТЧ	постійний або ТЧ	ТЧ	тривалий	тривалий
Спосіб трансляції	Спеціалізований радіо-протокол	радіоканал (РК)	РК	РК дециметрового діапазону	РК	РК	РК	РК	РК	ZigBee	Виділений радіоканал
Радіус дії	немає даних	100 м	200 м	70 м	300 м	50 м	200 м	500 м	500 м	50 м	500 м
Кількість каналів передачі	2	1	1	за кількістю антен	1	1	25 (потенційно)	6 + для додатк. датчиків	3	4	За кількістю бійців
Конструктивна реалізація	електроди на кінцівках	м'яка пов'язка	антена з датчиками	антени-аплікатори на голові і тілі	м'які електроди + блок на поясі	ручні електроди і передавач	передавач з двома електродами	браслети + шолом, костюм, взуття	електроди + блок на поясі	немає даних	браслет
Габаритні розміри	завеликі	прийнятні	завеликі	завеликі	прийнятні	середні	середні	обтяжені	обтяжені	прийнятні	прийнятні
Маса мобільного блока	0,5 кг	0,1 кг	немає даних	0,2 кг (1 аплікатор)	0,3 кг	0,3 кг	0,4 кг	0,1 + 0,7 кг	0,4 кг	0,1 кг	0,15 кг
Умовна зручність	3	4	3	2	4	3	3	4	2	4	5

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Завадо- захищеність	немає	немає	є	є	є	немає	є	є	немає	є	є
Одночасний моніторинг	4 чол.	1 люд.	1 люд.	1 люд.	1 люд.	1 люд.	1 люд.	1 люд.	1 люд.	12 чол.	25
Психофізіоло- гічне тестування	немає	немає	немає	немає	немає	немає	немає	немає	немає	немає	є
БЗЗ	немає	немає	немає	немає	звуковий сигнал	немає	немає	електрич. стимул (електрод)	немає	немає	Мовний канал
Сфера застосування	медична діагно- стика (МД)	МД, контроль стану оператора (КСО)	МД	МД	спорт, рухова реабілі тація (РР)	МД, РР	МД, РР, спорт	КСО	спорт	КСО	бойові операції

У таблиці присутні дві характеристики, оцінених у відносних одиницях: габаритні розміри та умовна зручність. Габаритні розміри визначались прийнятними, якщо вони повністю задовольняли вимоги портативності; середніми або завеликими – якщо вони не відповідали цим вимогам; обтяженими – у випадку значної кількості елементів кріплення до тіла. Умовна зручність оцінювалась за п'ятибальною шкалою за підсумками опитування експертів.

Як видно з таблиці, далеко не всі АПЗ задовольняють найвищі вимоги навіть в межах своєї області застосування, не кажучи про їх використання в умовах оперативного екстремального контакту.

Саме тому система для моніторингу стану бійців спецпідрозділу під час виконання бойового завдання є першою подібною системою, яка не лише визначає і контролює ФС, але й оцінює психологічну сумісність колективу загону, виявляє «слабкі місця» в його організації та дає командирю (або іншому користувачеві) повну інформацію про поточний стан цілої групи людей у фізичному, функціональному та психоемоційному відношенні, чим вигідно відрізняється від інших систем дистанційного контролю функціонального стану людини.

4.3 Експертне оцінювання розробленої системи

За даними Київського Національного університету внутрішніх справ України, працівники спецпідрозділів вважають потенційно екстремальними 64 % службових ситуацій [105].

При виконанні службових завдань працівники спецпідрозділів постійно знаходяться під впливом нервово-психологічних перевантажень, стресів та психосоматичних захворювань. Про це свідчать результати їх опитування, 90 % з них вважають свою роботу важкою. На їх думку найбільш негативними факторами є: великі нервово-психологічні перевантаження; небезпека для життя; високий темп роботи; негативні емоційні впливи; необхідність підтримувати постійну бойову готовність до дій в надзвичайних умовах [106].

Як було зазначено у роботах [38, 56], визначення фізіологічних показників застосовується для ідентифікації психоемоційного стану бійця під час тренувальних операцій, з подальшим прогнозуванням ефективності виконання цим бійцем бойової задачі.

Для визначення ваги фізіологічних показників за допомогою яких об'єктивно можна визначити психоемоційний стан людини було проведено експертне опитування. До складу експертної комісії входили лікарів, всього 17 експертів, серед яких кандидати наук, а також лікарі вищої категорії (анкетні дані експертного опитування приведені в додатку Е).

Результати експертного оцінювання фізіологічних показників представлені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Експертне оцінювання фізіологічних показників (бальна оцінка).

Експерти	Показники									Сума
	Електроенцефалограма	Електрокардіограма	Розширення зіниць	Зміна пітливості	Частота серцевих скорочень	Температура тіла	Частота дихання	Час проходження рефлексу через м'яз	Оксигенація крові	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	10	8	8	9	10	5	8	3	3	67
2	9	7	5	7	8	6	7	0	2	53
3	9	7	6	8	9	7	8	4	5	63
4	10	9	5	6	8	5	6	1	2	55
5	10	9	7	8	9	7	7	5	4	66
6	10	8	5	7	9	8	9	3	3	64
7	9	7	6	7	9	8	6	2	1	60
8	10	8	5	5	7	6	9	4	4	59
9	10	9	7	8	9	5	5	2	2	60
10	9	8	4	6	7	7	6	1	0	50
11	10	8	5	7	9	7	5	2	2	57
12	10	9	5	6	9	6	6	3	1	57
13	10	8	5	6	7	7	8	3	2	56
14	9	7	4	4	5	3	6	2	2	60
15	10	10	7	8	9	8	9	4	5	70
16	10	9	4	6	10	7	7	3	3	63
17	10	8	5	6	8	6	8	4	3	64

У відповідності з визначеним алгоритмом дій [107, 108], потрібно було дати експертне оцінювання визначеній низці показників у відсотках та виділити найбільш вагомі з них, що і було зроблено експертною комісією, до якої входило 17 експертів.

Другим кроком за вище визначеним алгоритмом є визначення на основі отриманих експертних оцінювань інтегральних показників. З таблиці 4.8 видно, що найбільш вагомими показниками, які відображають психоемоційний стан людини, на думку експертів, є: електроенцефалограма; електрокардіограма; зміна пітливості; частота серцевих скорочень; температура тіла, частота дихання.

Таблиця 4.8 – Експертне оцінювання фізіологічних показників (у відсотках)

Експерти	Показники									Загальна вага, %
	Електро-енцефа-лограма	Електро-кардіо-грама	Розши-рення зіниць	Зміна пітли-вості	Частота серцевих скоро-чень	Темпе-ратура тіла	Частота дихання	Час проход-ження рефле-ксу через м'яз	Окси-генація крові	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	15,6	12,5	12,5	14,1	15,6	7,8	12,5	4,7	4,7	100
2	17,6	13,7	9,8	13,7	15,7	11,8	13,7	0	3,9	100
3	14,3	11,1	9,5	12,7	14,3	11,1	12,7	6,3	7,9	100
4	19,2	17,3	9,6	11,5	15,4	9,6	11,5	1,9	3,8	100
5	15,2	13,6	10,6	12,1	13,6	10,6	10,6	7,6	6,1	100
6	16,1	12,9	8,1	11,3	14,5	12,9	14,5	4,8	4,8	100
7	16,4	12,7	10,9	12,7	16,4	14,5	10,9	3,6	1,8	100
8	17,2	13,8	8,6	8,6	12,1	10,3	15,5	6,9	6,9	100
9	17,5	15,8	12,3	14	15,8	8,8	8,8	3,5	3,5	100
10	18,8	16,7	8,3	12,5	14,6	14,6	12,5	2,1	0	100
11	18,2	14,5	9,1	12,7	16,4	12,7	9,1	3,6	3,6	100
12	18,2	16,4	9,1	10,9	16,4	10,9	10,9	5,5	1,8	100
13	17,9	14,3	8,9	10,7	12,5	12,5	14,3	5,4	3,6	100
14	21,4	16,7	9,5	9,5	11,9	7,1	14,3	4,8	4,8	100
15	14,3	14,3	10	11,4	12,9	11,4	12,9	5,7	7,1	100
16	16,9	15,3	6,8	10,2	16,9	11,9	11,9	5,1	5,1	100
17	17,2	13,8	8,6	10,3	13,8	10,3	13,8	6,9	5,2	100
сер. знач.	17,2	14,4	9,5	11,7	14,6	11,1	12,4	4,6	4,4	100

Перед тим, як аналізувати результати таблиці 4.7, визначимо умови використання методу експертного оцінювання, основними з яких, є [107, 108]:

- експерти не повинні бути зацікавлені у результатах прогнозування;
- експерти повинні давати кількісно визначені відповіді;
- думки експертів повинні бути узгодженими.

В цьому випадку при проведенні дослідження обрані експерти не були зацікавлені у результатах прогнозування, тому що ці результати жодним чином не

впливали на їх інтереси. Всі експерти дали кількісно визначені відповіді. Для того, щоб перевірити узгодженість думок експертів, скористаємось методом визначення коефіцієнта конкордації (чим ближче до 1,0, тим вище рівень узгодженості думок; значення менше за 0,3–0,4 є незадовільним).

Перевіримо узгодженість думок експертів, розрахувавши коефіцієнт конкордації. Загальна формула для розрахунку коефіцієнта конкордації представлена нижче

$$w = \frac{12 \sum \Delta^2}{n^2 (m^3 - m)}, \quad (4.9)$$

де n – кількість експертів;

m – кількість можливих варіантів оцінки;

Δ – відхилення від середньої суми рангів.

Середня сума рангів ($\overline{\sum p}$) розраховується за такою формулою

$$\overline{\sum p} = n \times (m + 1) / 2. \quad (4.10)$$

Для розрахунку коефіцієнта конкордації за формулою 4.9 складемо таблицю 4.9, де проранжуємо відповіді експертів, подані в таблиці 4.7.

Таблиця 4.9 – Ранжування результатів експертного оцінювання

Напря́м (m)	Ранги									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2
3	3	5	4	5	4	5	4	6	4	5
4	2	3	2	4	3	4	3	6	3	4
5	1	2	1	3	2	2	1	4	2	3
6	4	4	3	5	4	3	2	5	5	3
7	3	3	2	4	5	2	4	2	5	4
8	5	7	6	7	6	6	5	7	6	6
9	5	6	5	6	7	6	6	7	6	7

Продовження табл. 4.9

Напря́м (<i>m</i>)	Ранги							Сумарний ранг	Δ	Δ^2
	<i>I1</i>	<i>I2</i>	<i>I3</i>	<i>I4</i>	<i>I5</i>	<i>I6</i>	<i>I7</i>			
1	1	1	1	1	1	1	1	17	-68	4624
2	3	2	2	2	1	2	2	40	-45	2025
3	5	4	5	5	4	5	4	77	-8	64
4	4	3	4	5	3	4	3	60	-25	625
5	2	2	3	4	2	1	2	37	-48	2304
6	4	3	3	6	3	3	3	63	-22	484
7	5	3	2	3	2	3	2	54	-31	961
8	6	5	6	7	6	6	5	102	17	289
9	6	6	7	7	5	6	6	104	19	361
									$\sum \Delta^2 = 11737$	

Середня сума рангів

$$\overline{\sum p} = 17 \times (9 + 1) / 2 = 85.$$

Коефіцієнт конкордації

$$w = \frac{12 \times 11737}{17^2 \times (9^3 - 9)} = \frac{140844}{289 \times (729 - 9)} = \frac{166500}{208080} = 0,677.$$

Отже, розрахувавши коефіцієнт конкордації бачимо, що узгодженість думок експертів є задовільною, а значить результати експертного дослідження є коректними.

Як бачимо з таблиці 4.7 шість показників визначені експертами як основні, але опитування серед працівників силових структур проведене з метою визначення комфортності зняття фізіологічних показників показало, що застосування електроенцефалографа для визначення психоемоційного стану бійця не є повністю прийнятним.

Розрахуємо коефіцієнт конкордації за формулами (4.9) та (4.10) для сукупності п'яти характеристик, які визначені експертами як основні (табл. 4.10).

Таблиця 4.10– Експертне оцінювання фізіологічних показників (в відсотках)

Експерти	Показники					Загальна вага, %
	Електрокардіо- грама	Зміна пітливості	Частота серцевих скорочень	Температура тіла	Частота дихання	
	1	2	3	4	5	
1	20	22,5	25	12,5	20	100
2	20	20	22,9	17,1	20	100
3	17,9	20,5	23,1	17,9	20,5	100
4	26,5	17,6	23,5	14,7	17,6	100
5	22,5	20	22,5	17,5	17,5	100
6	19,5	17,1	22	19,5	22	100
7	18,9	18,9	24,3	21,6	16,2	100
8	22,9	14,3	20	17,1	25,7	100
9	25	22,2	25	13,9	13,9	100
10	23,5	17,6	20,6	20,6	17,6	100
11	22,2	19,4	25	19,4	13,9	100
12	25	16,7	25	16,7	16,7	100
13	22,2	16,7	19,4	19,4	22,2	100
14	28	16	20	12	24	100
15	22,7	18,2	20,5	18,2	20,5	100
16	23,1	15,4	25,6	17,9	17,9	100
17	22,2	16,7	22,2	16,7	22,2	100
сер. знач.	22,4	18,2	22,7	17,2	19,3	100

Для розрахунку коефіцієнта конкордації складемо таблицю 4.11, де проранжуємо відповіді експертів, подані в таблиці 4.10.

Таблиця 4.11 – Ранжування результатів експертного оцінювання

Напря́м (<i>m</i>)	Ранги									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	2	3	1	1	2	3	2	1	1
2	2	2	2	3	2	3	3	5	2	3
3	1	1	1	2	1	1	1	3	1	2
4	4	3	3	4	3	2	2	4	3	2
5	3	2	2	3	3	1	4	1	3	3

Продовження табл. 4.11

Напря́м (<i>m</i>)	Ранги							Сумарний ранг	Δ	Δ^2
	11	12	13	14	15	16	17			
1	2	1	1	1	1	2	1	28	-23	529
2	3	2	3	4	3	4	2	48	-3	9
3	1	1	2	3	2	1	1	25	-26	676
4	3	2	2	5	3	3	2	50	-1	1
5	4	2	1	2	2	3	1	40	-11	121
									$\sum \Delta^2 = 1336$	

Середня сума рангів

$$\overline{\sum p} = 17 \times (5 + 1) / 2 = 51.$$

Коефіцієнт конкордації

$$w = \frac{12 \times 1336}{17^2 \times (5^3 - 5)} = \frac{16032}{289 \times (125 - 5)} = \frac{16032}{34680} = 0,462.$$

Як видно з вище наведеного розрахунку коефіцієнт конкордації є цілком достатній $0,462 > (0,3 \div 0,4)$, а отже результати експертного дослідження є коректними.

Також було проведено опитування групи експертів за такими показниками: місце для розташування датчиків; кількість місць для одночасного розміщення датчиків; час накопичення інформації (зняття показників); кількість градацій оцінювання стану бійця (кількість поділів шкали). Результати опитування зведено в таблицю 4.12 (анкетні дані експертного опитування приведені в додатку Є).

Таблиця 4.12 – Експертне оцінювання запропонованих показників (бальна оцінка)

Експерти	Місце для розташування датчиків				Кількість місць для одночасного розміщення датчиків			Час накопичення інформації				Кількість градацій оцінювання стану бійця			
	Голова	Верхні кінцівки	Нижні кінцівки	Тулуб	1 місце	2 місце	3 місце	5 хв.	2 хв.	1 хв.	поточне	2 градації	3 градації	4 градації	5 градацій
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	5	4	4	5	3	1	3	2	4	5	2	3	4	5
2	2	5	3	4	5	5	3	1	3	5	4	1	2	3	5
3	2	5	2	5	5	3	2	2	3	5	5	2	2	3	4
4	3	5	3	4	5	4	1	1	2	3	5	1	3	4	5
5	1	4	2	5	5	3	1	2	1	4	4	1	3	5	4
6	1	3	2	5	5	4	1	1	2	4	5	2	2	5	5
7	1	4	2	4	4	3	2	1	2	3	5	3	3	4	5
8	2	5	2	5	5	4	2	3	1	5	4	1	3	5	5
9	2	5	2	4	5	4	1	2	3	5	5	2	2	3	5

Таблиця 4.13 – Експертне оцінювання запропонованих показників (у відсотках)

Експерти	Місце для розташування датчиків				Кількість місць для одночасного розміщення датчиків			Час накопичення інформації				Кількість градацій оцінювання стану бійця				Загальна вага, %
	Голова	Верхні кінцівки	Нижні кінцівки	Тулуб	1 місце	2 місце	3 місце	5 хв.	2 хв.	1 хв.	поточе	2 градації	3 градації	4 градації	5 градацій	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	7,1	35,7	28,6	28,6	55,6	33,3	11,1	21,4	14,3	28,6	35,7	14,3	21,4	28,6	35,7	100
2	14,3	35,7	21,4	28,6	38,5	38,5	23,1	7,7	23,1	38,5	30,8	9,1	18,2	27,3	45,5	100
3	14,3	35,7	14,3	35,7	50	30	20	13,3	20	33,3	33,3	18,2	18,2	27,3	36,4	100
4	20	33,3	20	26,7	50	40	10	9,1	18,2	27,3	45,5	7,7	23,1	30,8	38,5	100
5	8,3	33,3	16,7	41,7	55,6	33,3	11,1	18,2	9,1	36,4	36,4	7,7	23,1	38,5	30,8	100
6	9,1	27,3	18,2	45,5	50	40	10	8,3	16,7	33,3	41,7	14,3	14,3	35,7	35,7	100
7	9,1	36,4	18,2	36,4	44,4	33,3	22,2	9,1	18,2	27,3	45,5	20	20	26,7	33,3	100
8	14,3	35,7	14,3	35,7	45,5	36,4	18,2	23,1	7,7	38,5	30,8	7,1	21,4	35,7	35,7	100
9	15,4	38,5	15,4	30,8	50	40	10	13,3	20	33,3	33,3	16,7	16,7	25	41,7	100
Сер. зн.	12,4	34,6	18,6	34,4	48,8	36,1	15,1	13,7	16,4	32,9	37	12,8	19,6	30,6	37	100

Для визначення узгодженості думок експертів розрахуємо коефіцієнт конкордації за формулою 4.9 та складемо таблиці 4.14–4.17, де проранжуємо відповіді експертів по кожному з показників.

Визначимо коефіцієнт узгодженості експертів при відповіді на питання: яке найоптимальніше місце для розташування датчиків?

Таблиця 4.14 – Ранжування результатів експертного оцінювання

Напря́м (<i>m</i>)	Ранги									Сумарний ранг	Δ	Δ^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	3	4	2	3	4	4	3	2	3	28	5,5	30,25
2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	11	-11,5	132,25
3	2	3	2	3	3	3	2	2	3	23	0,5	0,25
4	2	2	1	2	1	1	1	1	2	13	-9,5	90,25
											$\sum \Delta^2 = 253$	

Середня сума рангів

$$\overline{\sum p} = 9 \times (4 + 1) / 2 = 22,5.$$

Коефіцієнт конкордації

$$w = \frac{12 \times 253}{9^2 \times (4^3 - 4)} = \frac{3036}{4860} = 0,62.$$

Як видно з розрахунку, $0,62 > (0,3 \div 0,4)$, що свідчить про таке: думки експертів збігаються щодо необхідності розташування датчиків на верхніх кінцівках, 34,6 % експертів вибрали верхні кінцівки а 34,4 % – тулуб. Але основним аргументом вибору верхніх кінцівок для розміщення датчиків, як відмічають експерти, є специфіка роботи працівників спецпідрозділів, а саме необхідність швидкого одягання спецзасобів, що в свою чергу відкидає можливість використання тулубу для закріплення датчиків.

Визначимо коефіцієнт узгодженості експертів при відповіді на питання: яка кількість місць для одночасного розміщення датчиків?

Таблиця 4.15 – Ранжування результатів експертного оцінювання

Напря́м (<i>m</i>)	Ранги									Сумарний ранг	Δ	Δ^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	-9	81
2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	17	-1	1
3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	26	8	64
											$\sum \Delta^2 = 146$	

Середня сума рангів

$$\overline{\sum p} = 9 \times (3+1) / 2 = 18.$$

Коефіцієнт конкордації

$$w = \frac{12 \times 146}{9^2 \times (3^3 - 3)} = \frac{1752}{1944} = 0,9.$$

Як бачимо з розрахунку, $0,9 > (0,3 \div 0,4)$, значить думки експертів збігаються.

З технічної точки зору вибір місця зняття фізіологічних параметрів є оптимальним в наслідок відсутності потреби використання додаткових провідних ліній зв'язку між датчиками та блоком управління («відсутність необхідності обмотувати проводами всього бійця»).

Визначимо коефіцієнт узгодженості експертів при відповіді на питання: який час накопичення інформації?

Таблиця 4.16 – Ранжування результатів експертного оцінювання

Напря́м (<i>m</i>)	Ранги									Сумарний ранг	Δ	Δ^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	3	4	3	4	2	4	4	3	3	30	7,5	56,25
2	4	3	2	3	3	3	3	1	2	24	1,5	2,25
3	2	1	1	2	1	2	2	1	1	13	-9,5	90,25
4	1	2	1	1	1	1	1	2	1	11	-11,5	132,25
											$\sum \Delta^2 = 281$	

Середня сума рангів

$$\overline{\sum p} = 9 \times (4 + 1) / 2 = 22,5.$$

Коефіцієнт конкордації

$$w = \frac{12 \times 281}{9^2 \times (4^3 - 4)} = \frac{3372}{4860} = 0,69.$$

Як бачимо з розрахунку, $0,69 > (0,3 \div 0,4)$, значить думки експертів збігаються в щодо поточної реєстрації показників функціонального стану людини.

Оскільки частота серцевих скорочень та частота дихання вимагають певного часу для усереднення, а з фізіологічної точки зору мінімальний час усереднення по диханню повинен складати 10...20 циклів, тобто близько однієї хвилини, то цей час і вибраний як оптимальний для накопичення інформації.

Військові практики під словом «поточне» мають на увазі необхідність постійно оновлювати дані (не залишаючи старі).

Визначимо коефіцієнт узгодженості експертів при відповіді на питання: яка потрібна кількість градацій оцінювання стану бійця?

Таблиця 4.17 – Ранжування результатів експертного оцінювання

Напря́м (<i>m</i>)	Ранги									Сумарний ранг	Δ	Δ^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	4	4	3	4	4	2	3	3	3	30	7,5	56,25
2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	25	2,5	6,25
3	2	2	2	2	1	1	2	1	2	15	-7,5	56,25
4	1	1	1	1	2	1	1	1	1	10	-12,5	156,25
											$\sum \Delta^2 = 275$	

Середня сума рангів

$$\overline{\sum p} = 9 \times (4 + 1) / 2 = 22,5.$$

Коефіцієнт конкордації

$$w = \frac{12 \times 275}{9^2 \times (4^3 - 4)} = \frac{3300}{4860} = 0,68.$$

Як бачимо з розрахунку, $0,68 > (0,3 \div 0,4)$, значить думки експертів збігаються щодо вибору шкали з п'ятьма градаціями.

На практиці встановлення можливості ідентифікації психоемоційного стану оператора за тими показниками, які експерти визнали як вагомими, здійснено за допомогою імітатора бойових ситуацій, що дозволяє моделювати деякі типові варіанти бойової обстановки.

В складі дослідного макета використовувались: монітор пацієнта IntelliVue MP20 компанії Philips (рис. 4.2), персональний комп'ютер (ноутбук) з встановленим імітатором бойових ситуацій, а також бійці-професіонали спецпідрозділу «Ягуар».

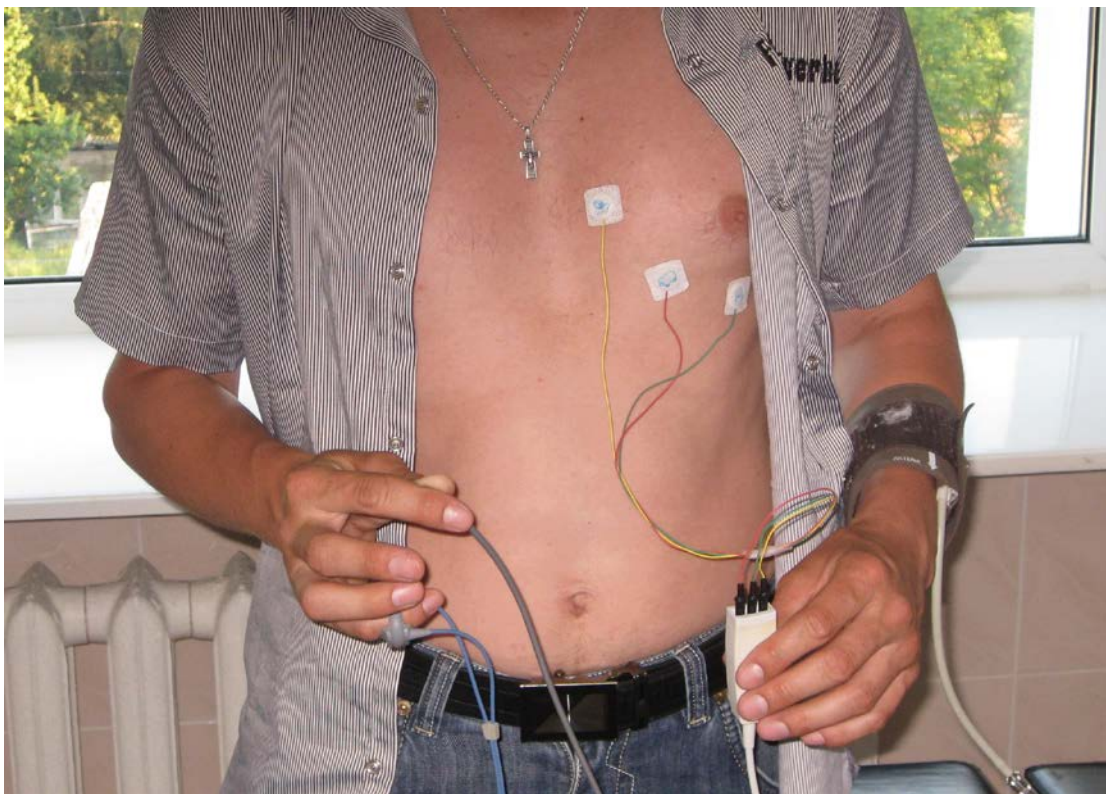


Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд дослідного макету

Суть експеримента полягала в тому, щоб за допомогою монітора пацієнта, який фіксує низку параметрів, в тому числі і необхідних для нас: SpO2 (насичення артеріальної крові киснем), частота серцевих скорочень, частота дихання, а також температура тіла, проводились вимірювання та фіксувались зміни фізіологічних показників у бійців при виконанні ними певних завдань в змодельованих ситуаціях.

Під час проходження епізодів, де боєць завідома знав про відсутність небезпеки для своєї персони з боку противника, були зареєстровані достатньо стабільні показники (рис. 4.3).

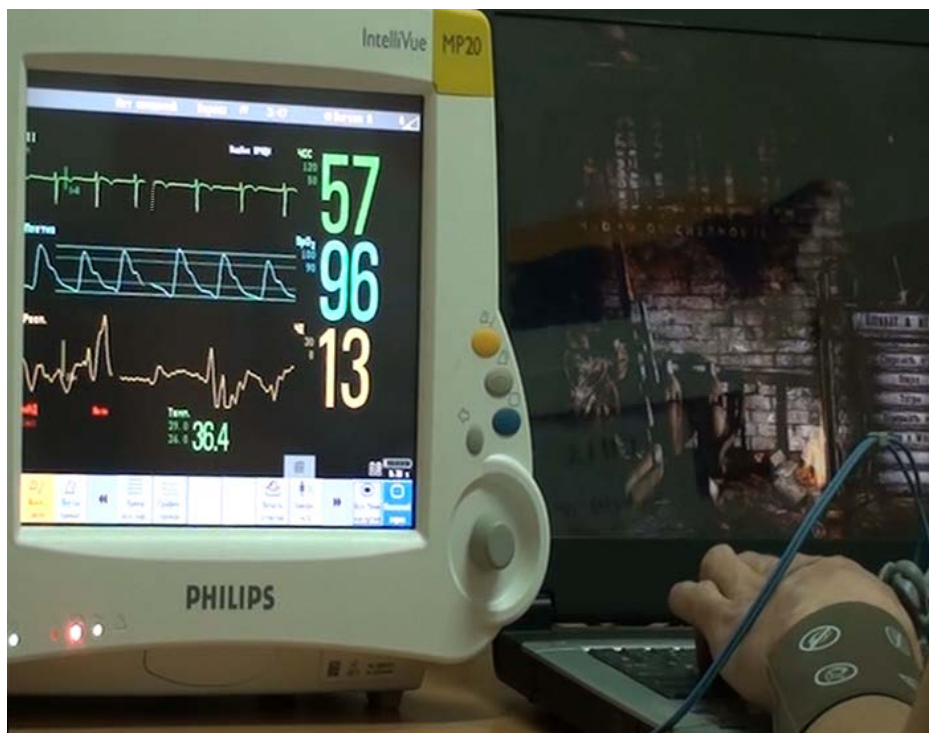


Рисунок 4.3 — Показники «монітора пацієнта» при відсутності загрози персонажу

Як тільки боєць наближався до місця збройної сутички з умовним ворогом, і ця сутичка для гравця не була несподіванкою, то його частота серцевих скорочень зростала з 57 ударів на хвилину до 86 ударів на хвилину, що є суттєвим (рис. 4.4).

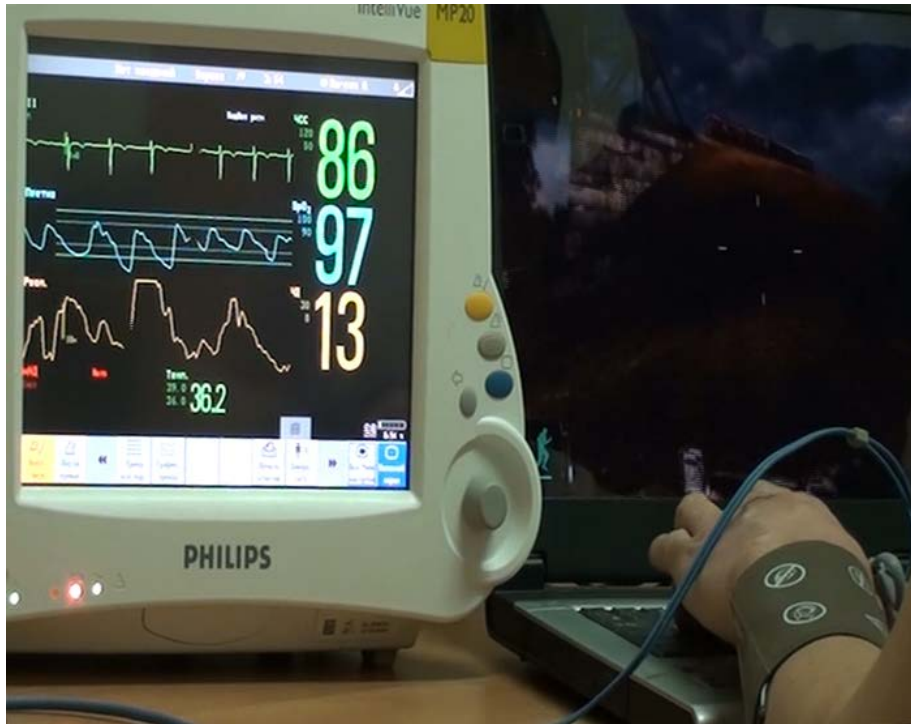


Рисунок 4.4 – Показники «монітора пацієнта» при наближенні до місця збройної сутички

Як тільки боєць вступає в збройну сутичку з умовним ворогом, то його частота серцевих скорочень зростала з 86 ударів на хвилину до 98 ударів на хвилину (рис. 4.5).

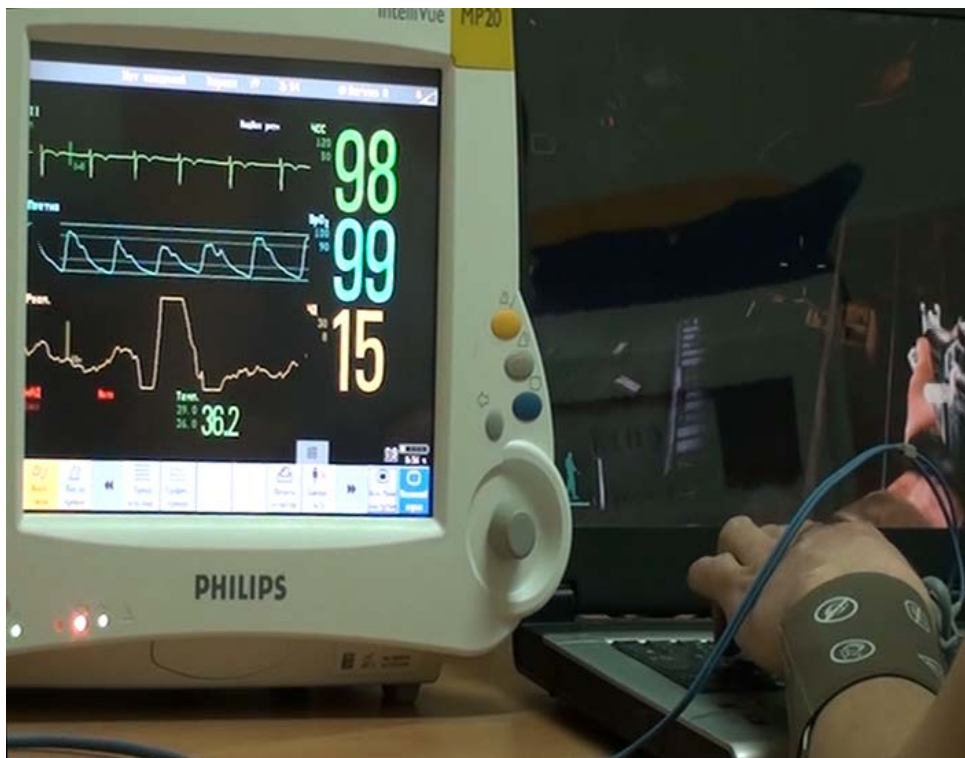


Рисунок 4.5 – Показники «монітора пацієнта» безпосередньо під час збройної сутички

4.4 Висновки до розділу 4

1. Проведено оцінювання ефективності методу визначення діяльності спецпідрозділу, яке підтвердило збіг теоретичних положень та отриманих практичних результатів, і визначило ефективність біотехнічної системи дистанційного моніторингу на рівні 21,8 % відносно контрольних вимірювань (без використання системи дистанційного моніторингу).

2. Проведено оцінювання методу та системи для визначення ФС бійців спецпідрозділів на основі показників діагностичної цінності, економічної та соціальної ефективності та визначено інтегральний коефіцієнт ефективності, який склав близько 0,77.

3. Проведено порівняльний аналіз розробленої біотехнічної системи із сучасними аналогами, результати якого свідчать про те, що на відміну від аналогів запропонована система є першою подібною системою, яка не тільки визначає і контролює функціональний стан, але і оцінює психологічну сумісність колективу, виявляє «слабкі місця» в його організації і надає командирі повну інформацію про поточний функціональний стан бійців спецпідрозділу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі отримано теоретичні, методичні та науково-практичні результати в галузі створення методів, приладів та біотехнічних систем і комплексів для дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів. Основні наукові і практичні результати полягають в наступному:

1. Проведений аналіз існуючих методів і засобів моніторингу та управління функціональним станом людини в екстремальних умовах показав, що сьогодні практично відсутні спеціалізовані програмно-апаратні комплекси отримання оперативної об'єктивної інформації про рівень готовності бійців до виконання поставлених завдань з використанням психофізіологічних характеристик їх стану.

2. Проведений аналіз існуючих інформаційних технологій, систем і комплексів для оцінювання функціонального стану людини в нормальних та екстремальних умовах показав, що сучасні програмно-апаратні комплекси і системи повинні будуватись з урахуванням результатів аналізу функціонування і взаємодії різних органів людини в нормальних та екстремальних умовах, принципах оперативного підходу, неінвазивних методах контролю з обов'язковим моніторингом стану і формуванням адаптаційних стратегій стосовно ситуацій, що виникають.

3. Конкретизовано критерії розподілу ситуації на надзвичайні та екстремальні, що дозволило визначити психофізіологічне забезпечення діяльності бійців спецпідрозділів як комплексну систему соціально-психологічних, психологічних і психофізіологічних заходів, спрямованих на оптимізацію процесу адаптації в екстремальних умовах, розвиток адаптивних здібностей до стресу, психопрофілактику професійного стресу, психокорекцію неадаптивних і дезадаптивних станів.

4. Вперше запропоновано метод моніторингу психоемоційного стану бійців спецпідрозділів, новизною якого є введення двонаправленого зворотного зв'язку між бійцем і командиром, який забезпечує визначення і прогнозування поведінки бійців шляхом ідентифікації їхніх психофізіологічних характеристик та дозволяє, в разі необхідності, здійснити оперативне переформування спецпідрозділу

адекватно до нової ситуації, що в кінцевому результаті підвищує ефективність діяльності спецпідрозділу в умовах оперативного екстремального контакту.

5. Запропоновано інформаційно-структурну модель конфліктної ситуації, яка, на відміну від існуючих, визначає за результатами аналізу причин і структури конфлікту, не тільки можливі напрямки її вирішення, а формує шляхи і способи її усунення, що суттєво зменшує можливі негативні наслідки конфлікту.

6. Отримала подальший розвиток інформаційно-структурна модель психології поведінки спецпідрозділу в частині оцінювання його психологічного клімату, який встановлюється в результаті дії психологічних механізмів діяльності кожного із бійців і регулювання колективної діяльності в умовах невизначеності.

7. Отримала подальший розвиток структурно-функціональна організація біотехнічної системи для дистанційного моніторингу функціонального стану бійців спецпідрозділів в частині введення двонаправленого зворотного зв'язку, що забезпечує безперервний інформаційний процес оцінювання та управління діяльністю спецпідрозділу в умовах оперативного екстремального контакту.

8. Розроблено узагальнений алгоритм психологічного відбору бійців спецпідрозділів за тестом «Визначення типу особистості», який, на відміну від існуючих, забезпечує їхнє ранжування за ознакою «функціональна напруга» на три групи на етапі відбору до спецпідрозділу і періодичний контроль їхнього функціонального стану.

9. Запропоновано конструктивну реалізацію носимого блока первинної реєстрації та оброблення фізіологічних сигналів у вигляді браслета, де розташовані датчики фотоплетизмограми, ШГР, температури тіла, температури навколишнього середовища, GPS приймача, який забезпечує моніторинг відповідних психофізіологічних характеристик під час проведення бойової операції.

10. Проведено оцінювання ефективності методу визначення діяльності спецпідрозділу, яке підтвердило збіг теоретичних положень та отриманих практичних результатів, і визначило що ефективність біотехнічної системи

дистанційного моніторингу дорівнює 21,8 % відносно контрольних вимірювань (без використання системи дистанційного моніторингу).

11. Результати дисертаційної роботи впроваджено у Центрі практичної психології при Управлінні Міністерства внутрішніх справ України у Вінницькій області, у Вінницькій філії Державного підприємства Український НДІ медицини транспорту МОЗ України (Співпрацюючий центр ВООЗ), а також у навчальний процес кафедри проектування медико-біологічної апаратури Вінницького національного технічного університету, що підтверджено відповідними актами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горлов В. В. Экстремальный оперативный контакт / В. В. Горлов // Психологические технологии в экстремальных видах деятельности: материалы V международной научно-практической конференции (м. Донецк, 28–29 мая 2009 года). – Донецк : Донецкий юридический институт ЛГУВС им. Е. А. Дидоренка, 2009. – С. 283–284.
2. Безродный В. И. Готовность к действию в экстремальных ситуациях / В. И. Безродный // Психологические технологии в экстремальных видах деятельности : материалы V международной научно-практической конференции (м. Донецк, 28–29 мая 2009 года). – Донецк : Донецкий юридический институт ЛГУВС им. Е. А. Дидоренка, 2009. – С. 36–38.
3. Розов В. Психологическое обеспечение деятельности в экстремальных ситуациях [Электронный ресурс] / Виталий Розов // Украинский центр политического менеджмента. – Режим доступа : <http://www.politik.org.ua/pfv.php>.
4. Кокурин А. Психологическое обеспечение экстремальной деятельности / А. Кокурин // Развитие личности. – 2004. – № 4. – С. 190–204.
5. Лебедев В. И. Личность в экстремальных условиях / В. И. Лебедев. – М. : Политиздат, 1989. – 304 с.
6. Павлов А. С. Психологические основы и роль навыка в успешности двигательного действия в рискованных условиях / А. С. Павлов, А. В. Ушаков, В. В. Морфунцов // Психологические технологии в экстремальных видах деятельности : материалы V международной научно-практической конференции (г. Донецк, 28–29 мая 2009 года). – Донецк : Донецкий юридический институт ЛГУВД им. Э. А. Дидоренко, 2009. – С. 34–36.
7. Павлов А. С. Психологические аспекты отражения и регуляции двигательных действий работников экстремальных видов деятельности / А. С. Павлов, В. Н. Белобров, В. А. Гаврилин // Психологические технологии в экстремальных видах деятельности : материалы V международной научно-практической конференции (г. Донецк, 28–29 мая 2009 года). – Донецк : Донецкий юридический институт ЛГУВД им. Э. А. Дидоренко, 2009. – С. 31–33.

8. Корольчук М. С. Теорія і практика професійного психологічного відбору : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Корольчук М. С., Крайнюк В. М. – К. : Ніка-центр, 2006. – 580 с.

9. Комаров К. Э. Психологическая подготовка к действиям в условиях повышенного риска : учебно-методическое пособие для специалистов, занимающихся подготовкой подразделений МО, ФСБ, МВД, МЧС, Минюста России. / Комаров К. Э. – М., 2002. – 97с.

10. Розов В. Психологічне забезпечення діяльності в екстремальних ситуаціях [Електронний ресурс] / Віталій Розов // Український центр політичного менеджменту. – Режим доступу : <http://www.politik.org.ua/vid/magcontent.php3?m=6&n=72&c=1696>

11. Розов В. І. Адаптивні здібності людини в умовах травматичного стресу / В. І. Розов // Соціальна психологія. – 2006. – № 3(17). – С. 108–120.

12. Белзецький Р. С. Психофізіологічне та інформаційне супроводження бійців під час проведення бойової операції / Р. С. Белзецький, А. А. Шиян, С. М. Злепко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 2. – С. 158–162. – ISSN 1997-9266.

13. Використання системи моніторингу психоемоційного стану підлеглих при управлінні спецпідрозділом / [Р. С. Белзецький, А. А. Шиян, С. М. Злепко, та ін.] // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2010. – № 1. – С. 111–114. – ISSN 2219-9365.

14. Живчук В. Л. Шляхи підвищення ефективності застосування підрозділів механізованого батальйону впровадженням бездротових мереж передачі даних в системі управління / В. Л. Живчук, М. П. Марущенко, В. С. Мочерад // Військово-технічний збірник. – 2009. – № 2. – С. 53–62.

15. Гумінський Р. В. Автоматизація діяльності командира, штабу при прийнятті рішень на операцію (бойові дії) / Р. В. Гумінський, Є. В. Рижов, О. В. Корольова // Військово-технічний збірник. – 2010. – № 3. – С. 75–81.

16. Бестюк А. І. Проблемні питання підготовки фахівців операторського типу для механізованих і танкових підрозділів сухопутних військ / А. І. Бестюк, О. І. Дорошев // Військово-технічний збірник. – 2009. – № 1. – С. 103–106.

17. Балабанова Л. М. Психофизиологические технологии и их использование в психокоррекционных программах подготовки специалистов рискоопасных профессий / Л. М. Балабанова, Д. И. Дусенко, И. В. Жданова // Психологические технологии в экстремальных видах деятельности : материалы V международной научно-практической конференции (г. Донецк, 28–29 мая 2009 года). – Донецк : Донецкий юридический институт ЛГУВД им. Э. А. Дидоренко, 2009. – С. 72–74.

18. Костяев Н. И. Бой в городе: особенности организации управления [Электронный ресурс] / Н. И. Костяев, И. Т. Ярошенко. // Материалы по военной теории и практике. – Режим доступа : [http://ryadovoy.ru/geopolitika&war/voenteoriya/boy%20v%20gorode%20\(upravlenie\).htm](http://ryadovoy.ru/geopolitika&war/voenteoriya/boy%20v%20gorode%20(upravlenie).htm).

19. Авшалумов А. Ш. Новая информационная технология системной диагностики функциональной активности человека / А. Ш. Авшалумов, К. В. Судаков, Г. Ф. Филаретов // Медицинская техника. – 2006. – № 3. – С. 13–18. – ISSN 0025-8075.

20. Разработка информационной технологии для оценки риска психологических и неврологических нарушений / [С. А. Полевая, В. Г. Яхно, С. Б. Парин и др.] // Известия таганрогского государственного радиотехнического университета. – 2008. – № 6. – С. 30–33. – ISSN 1999-9429.

21. Хало П. В. О возможности применения фазированных антенных решеток для оценки состояния человека-оператора / П. В. Хало, И. И. Турулин, Ю. М. Бородянский // Известия таганрогского государственного радиотехнического университета. – 2006. – № 5. – С. 197–199. – ISSN 1999-9429.

22. Научно-исследовательский центр Сверхширокополосных технологий Московского авиационного института (НИЦ СШП МАИ) [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://uwbgroup.org/rus/index.php?option=com_content&view=article&id=86:2010-01-09-00-44-06&catid=1:2010-01-08-14-13-34&Itemid=3.

23. Психофизиологический мониторинг функционального состояния населения как составная часть системы национальной безопасности России [Электронный ресурс] / А. А. Талалаев // Московская медицинская академия им.

И. М. Сеченова ЗАО «НейроЛаб». – Режим доступа : http://www.neurolab.ru/downloads/biomouse_conception_of_global_application_rus.pdf.

24. ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Трансприлад» [Електронний ресурс] – Режим доступа : <http://transprylad.com.ua/catalog/product&cid=1&pid=11>.

25. Хало П. В. Исследование принципов построения и разработка биотехнических систем для повышения эффективности оценки и коррекции психофизиологического состояния человека-оператора : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.11.17 «Приборы, системы и изделия медицинского назначения» / П. В. Хало. – Таганрог, 2007. – 20 с.

26. Шаропин К. А. Информационная система оценки психофизической готовности студентов к профессиональной деятельности : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (отрасль: информация и информационные системы) / К. А. Шаропин. – Томск, 2007. – 25 с.

27. Здоровьесохраняющая технология обучения студентов / [С. М. Злепко, В. В. Бондарчук, С. В. Тимчик, Р. С. Белзецкий] // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности : материалы V международной научно-практической конференции по высоким технологиям и фундаментальным исследованиям, г. Санкт-Петербург, 28–30 апреля 2008 года. – Т. 12. – СПб., 2008. – С. 525–526.

28. Злепко С. М. Нові можливості регіональних центрів комплектування Збройних сил України / С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, Р. С. Белзецкий // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009. – № 2. – С. 155–158. – ISSN 2219-9365.

29. Злепко С. М. Науково-методичні принципи формування Збройних Сил України / С. М. Злепко, В. В. Петренко / Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 312(33). – С. 48–50. – ISSN 1729-3774.

30. Новиков В. С. Теоретические и прикладные основы профессионального психологического отбора военнослужащих / В. С. Новиков, А. А. Боченков. – СПб. : ВМедА, 1997. – 188 с.

31. Методичні рекомендації з порядку організації і провадження тестування військовослужбовців Збройних Сил України; затверджені директором департаменту кадрової політики Міністерства оборони України: зі змінами і доповненнями станом на 22.01.2008 р. [Електронний ресурс] / Міністерство оборони України – Режим доступу : http://www.mil.gov.ua/files/dkp/guide_attestation.pdf. – Назва з екрану.

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

33. Райгородський Д. Я. Практическая психодиагностика. Методика и тесты : учебное пособие / Д. Я. Райгородський. – Самара : БАХРАХ–М, 2000. – 677 с.

34. Васильков А. М. Принципы и методические основы изучения и оценки психофизиологических качеств человека [Електронний ресурс] / А. М. Васильков, В. Г. Белов // FOLLOW.RU: Познай себя и окружающих. – Психология. Общая психология. – Режим доступу : <http://www.follow.ru/article/329>. – Название с экрана.

35. Єна А. Психофізіологічна експертиза для працівника і роботодавця [Електронний ресурс] / А. Єна, В. Маслюк, Д. Тимошина // Охорона праці. – 2008. – № 3. – Режим доступу : <http://ohoronapraci.kiev.ua/ua/archive/2008/3/psihofiziologicheskaya-ekspertiza-dlyarabotnika-i>. – Назва з екрана.

36. 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 IV Всеукраїнської наук.-техн. конф., 12–13 квітня 2011 р. – Львів, 2008. – С. 304–305.

37. Методи і засоби психофізіологічного відбору кандидатів на службу за контрактом в Збройні Сили України : монографія / [С. М. Злепко, Л. Г. Коваль, В. В. Петренко Р. С. Белзецький]. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 209 с. – ISBN 978-966-641-344-7.

38. Белзецький Р. С. Методи ідентифікації психоемоційного стану бійця спецпідрозділу як елемент зворотного зв'язку / Р. С. Белзецький // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 4/4 (52). – С. 43–45. – ISSN 1729-3774.

39. Оцінювання реакції людини на психоемоційний стрес / [С. М. Злепко, В. В. Сергеева, Р. С. Белзецький та ін.] // Гуманізм та освіта : збірник матеріалів X Міжнародної наук.-практ. конф., 14–16 вересня 2010 р. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – С. 193–196. – ISBN 978-966-641-371-3.

40. Агемян Т. А. Теория вероятностей для астрономов и физиков / Т. А. Агемян. – М. : Наука, 1974. — 264 с.

41. Белзецький Р. С. Модель для опису діяльності бійців у складі спецпідрозділу / Р. С. Белзецький, А. А. Шиян. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 5/4 (53). – С. 14–15. – ISSN 1729-3774.

42. Хопкрофт Д. Э. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений / Д. Э. Хопкрофт, Р. Мотвани, Д. Д. Ульман. – М. : Вильямс. – 2002. – 528 с.

43. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. — 2-е изд., испр. — М.: Физматлит, – 2001. – 320с. – ISBN 5-9221-0120-X.

44. Кучеренко Ю. Ф. Основні шляхи розвитку систем управління військами та зброєю на сучасному етапі / Ю. Ф. Кучеренко, О. М. Гузько // Системи озброєння і військова техніка. – 2008 – № 4. – С. 73–76. – ISSN 1997-9569.

45. Бірюков І. Ю. Про можливу тактику дій підрозділів внутрішніх військ у ході боротьби із незаконними збройними формуваннями / І. Ю. Бірюков, О. О. Казіміров // Системи озброєння і військова техніка. – 2009 – № 1. – С. 12–14. – ISSN 1997-9569.

46. Уманский С. В. К проблеме информационной безопасности в психотерапии / С. В. Уманский, В. А. Уткин // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. – 2006. – № 2. – С. 54–57. – ISSN 1999-9429.

47. Оброблення біосигналів в біомедичних системах дистанційного контролю стану людини / [Р. Белзецький, С. Тимчик, Д. Штофель, А. Моторний] // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2011) : матеріали V Міжнародної наук.-техн. конф. , 19–21 травня 2011 р., / Вінницький національний технічний університет, Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАНУ та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – С. 148. – ISBN 978-966-641-411-6.

48. Проектирование устройств первичной обработки электрокардиосигнала для дистанционного мониторинга [Электронный ресурс] / А. Костин, Ю. Балашов // Журнал Chip News. – 2004. – № 1. – Режим доступа : <http://www.chipnews.ru>.

49. Sigma-Delta ADCs and DACs. Application Note, AN-283 [Электронный ресурс] // Analog Devices Inc. – Режим доступа : <http://www.analog.com>.

50. McCarthy Mary. Peak-to-Peak resolution versus Effective resolution. Application Note, AN-615 [Электронный ресурс] / Mary McCarthy // Analog Devices Inc. – Режим доступа : <http://www.analog.com>.

51. Meany Tom. AD7732/AD7734/AD7738/AD7739 in low power applications. Application Note, AN-664 [Электронный ресурс] / Tom Meany // Analog Devices Inc. – Режим доступа : <http://www.analog.com>.

52. Чумаченко І. В. Мікроконтролерні прилади: структура і виконання : навчальний посібник / І. В. Чумаченко, М. Д. Кошовий, В. В. Лопатин. – Харків : Нац. Аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2001. – 277 с.

53. Злепко С. М. Реєстрація потенціалів біологічно активних точок в системі дистанційного контролю функціонального стану людини на базі Σ - Δ аналого-цифрового перетворювача [Електронний ресурс] / С. М. Злепко, Р. С. Белзецький, С. В. Костішин // Наукові праці ВНТУ. – 2009. – № 1. – Режим доступа : http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2009-1/2009-1.files/uk/09smztdc_ua.pdf.

54. Злепко С. М. Реєстрація потенціалів біологічно активних точок в системі дистанційного контролю функціонального стану людини на базі Σ - Δ аналого-цифрового перетворювача [Електронний ресурс] / С. М. Злепко, Р. С. Белзецький, С. В. Костішин // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2008) : матеріали ІХ Міжнародної наук.-техн. конф., 21–24 жовтня 2008 р. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – Режим доступа : http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/materials/subsection_3.2.pdf

55. Злепко С. М. Система дистанційного моніторингу за станом здоров'я людини / С. М. Злепко, Р. С. Белзецький // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 1. – С. 217–219. – ISSN 2219-9365.

56. Белзецький Р. С. Програмно-апаратний комплекс для забезпечення зворотного зв'язку при управлінні спецпідрозділом / Р. С. Белзецький,

А. А. Шиян, С. М. Злепко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 3. – С. 182–186. – ISSN 1997-9266.

57. Система дистанційного управління функціональним станом людини в умовах екстремального оперативного контакту / Р. С. Белзецький, Л. Г. Коваль, Т. М. Коменчук // Перший Всеукраїнський з'їзд «Медична та біологічна інформатика і кібернетика» з міжнародною участю. – Київ, 2010. – С. 279. – ISBN 966-642-161-5.

58. Система дистанційного контролю функціонального стану людини з ієрархічним структуруванням бази знань / Р. С. Белзецький, В. В. Гнатюк // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікації та приладобудування : матеріали IV міжнародної наук.-техн. конф. СПРТП-2009. – Вінниця : Радіоінформ, 2009. – Ч. 2. – С. 31.

59. Усик В. В. Автоматизированная оценка состояния тел позвонков : дис. ... кандидата технических наук: 05.11.17 / Усик Виктория Валериевна. – Х., 2005. – 129 с.

60. Лямец В. И. Системный анализ. Вводной курс / В. И. Лямец, А. Д. Тевяшев. – 2-е изд. – Х. : ХНУРЕ, 2004. – 448 с.

61. Спицнадель В. Н. Основы системного анализа : учеб. пособие / В. Н. Спицнадель. – СПб. : Издательский дом Бизнес-пресса, 2000. – 326 с.

62. Ашимов А. А. Оптимальные модульные системы обработки данных / А. А. Ашимов, А. Г. Мамиконов, В. В. Кульба. – Алма-Ата : Наука, 1981. – 188 с.

63. Балагин В. В. Теоретические основы автоматизированного управления / В. В. Балагин. – Минск : Вышэйшая школа, 1991. – 251 с.

64. Бекишев Г. А. Элементарное введение в геометрическое программирование / Г. А. Бекишев, Г. А. Кратко. – М. : Наука. – 1980. – 143 с.

65. Автоматизація управління бойовими діями підрозділів у тактичній ланці. / [С. В. Лапицький, І. Б. Чепков, Б. О. Оліярник, А. Б. Бондарук] // Перспективи розвитку озброєння і військової техніки сухопутних військ : зб. тез доп. IV Всеукраїнської наук.-техн. конф., 12–13 квітня 2011 р. – Львів, – 2011. – С. 193–196.

66. Методика побудови бази даних для АСУ тактичної ланки. / [В. Л. Живчук, В. С. Мочерад] // Перспективи розвитку озброєння і військової

техніки сухопутних військ : зб. тез доп. IV Всеукраїнської наук.-техн. конф., 12–13 квітня 2011 р. – Львів, – 2011. – С. 193–196.

67. Власюк А. І. Ієрархічне структурування бази знань експертної системи з Байєсовським методом логічного виведення / А. І. Власюк, В. В. Гнатюк, Р. С. Белзецький // Optoelectronic Information Technologies «Photonics–ODS–2008» : зб. тез доп. IV Міжнародної наук.-техн. конф., 30 вересня–2 жовтня 2008 р. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, – 2008. – С. 137–138. – ISBN 978-966-641-264-8.

68. Власюк А. Підготовка бази знань Байєсовської експертної системи в умовах значної корекції результатів діагностичних експериментів / А. Власюк, В. Гнатюк, Р. Белзецький // Інтернет–освіта–наука «ІОН–2008» : зб. мат. VI Міжнародної конференції, 7–11 жовтня 2008 р. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, – 2008. – Т. 2. – С. 489–490. – ISBN 978-966-641-268-6.

69. Чернов Геннадий / DS18B20 русское описание работы с датчиком температуры. [Электронный ресурс] // Геннадий Чернов. – Режим доступа : <http://invent-systems.narod.ru/DS18B20.htm>.

70. Зудов О. М. Завадостійке вимірювання артеріального тиску на основі корекційно-спектральної обробки сигналів пульсу : дис. ... кандидата технічних наук : 05.11.17 / Зудов Олег Миколайович. – К., 2002. – 155 с.

71. Волжский Д. С. Фотоэлектрический преобразователь частоты пульса отраженного света / Д. С. Волжский, М. П. Кузик // Аппаратура и методы медицинского контроля : II науч.-практ. конф., 1982. Л. – С. 199–200.

72. Десова А. А. Компьютерная система диагностики на базе анализа ритмической структуры пульсового сигнала лучевой артерии / А. А. Десова, Ю. С. Легович, О. С. Разин // Медицинская техника. – 1999. – № 1. – С. 3–5. – ISSN 0025-8075.

73. Использование показателей периферического пульса для дифференциальной диагностики заболеваний легких / [А. А. Десова, Т. Н. Вапник, И. И. Белов и др.] // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 1. – С. 3–5. – ISSN 0131-1646

74. Webster J. G. Medical instrumentation / Webster J. G. // Application and design. – NY : John Wiley & Sons, inc. – 1998. – 692 p.

75. OEM – Пульсоксиметр [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.microlux.ru> – Назва з екрана.
76. Методи і засоби для тестування оператора поліграфа : монографія / [С. М. Злепко, С. В. Тимчик, Р. С. Белзецький, Л. Г. Коваль]. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 168 с. – ISBN 978-966-641-370-6.
77. ИМС для электропитания медицинской аппаратуры с визуализацией данных // Электронные компоненты и системы : Информационный бюллетень компании Analog Devices ; пер. с англ. В. Романова. – К., 2008. – Т. 8, вып. 4. – С. 17.
78. Съём биопотенциалов с электродов медицинских приборов. Электронные компоненты и системы : Информационный бюллетень компании Analog Devies ; пер. с англ. В. Романова. – К., 2008. – Т. 8, вып. 4. – С.12.
79. Услуги специалиста-полиграфолога. Кожно-гальваническая реакция. [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://detector.at.ua/publ/kozhno_galvanicheskaja_reakcija/1-1-0-9
80. Ермолаева-Томина Л. Б. Типологические особенности высшей нервной деятельности человека / Л. Б. Ермолаева-Томина. – М., 1965. – Т. 4. – С. 212–238.
81. Edelberg R. Psychophysiology / R. Edelberg. – 1970. – Vol. 6. – P. 527–539.
82. Ищенко А. Н. Автоматизированный комплекс для многопараметрического анализа сигнала кожно-гальванического рефлекса / А. Н. Ищенко, П. П. Шевъев // Медицинская техника. – 1989. – № 3. – С. 50–53. – ISSN 0025-8075.
83. Корневский Н. А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий : монография / Н. А. Корневский, Е. П. Попечителей, С. А. Филист. – Курск : Курск. гор. типография, 1999. – 37 с. – ISBN 5-88562-089-х.
84. Зелковиц М. Принципы разработки программного обеспечения / М. Зелковиц, А. Шоу, Дж. Геннон. – М. : Мир, 1982. – 368 с.
85. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования / И. В. Кузьмин, В. А. Кедрус. – К. : Вища школа, 1977. – 262 с.
86. Фленов М. Е. Программирование в Delphi глазами хакера / М. Е. Фленов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 368 с. – ISBN 5-94157-351-0.

87. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2006. – 958 с. – ISBN 5-469-00504-6.

88. Ульман Дж. Базы данных на Паскале / Дж. Ульман. – М. : Машиностроение, 1990. – 386 с. – ISBN 5-217-00628-5.

89. Microsoft Access 2000. Шаг за шагом : практ. пособ. ; пер. с англ. – М. : ЭКОМ, 2002. – 352 с. – ISBN 5-7163-0043-X. – ISBN 1-57231-976-3.

90. 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. – К. : НАУ, 2010. – С. 336–338.

91. Васильков Ю. В. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании : учебное пособие / Ю. В. Васильков, Н. Н. Василькова. – М. : Финансы и статистика. – 2002. – 256 с.

92. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах / Дж. Мартин ; под. ред. А. А. Стогния, А. Л. Щерса. – М. : Мир, 2002. – 616 с.

93. Месюра В. І. Архітектура системи підтримки прийняття рішень керівника ліквідації надзвичайних ситуацій / В. І. Месюра, О. А. Шаригін, А. В. Козачук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 6. – С. 72–75. – ISSN 1997-9266.

94. Белзецкий Р. Використання зворотного зв'язку при управлінні спецпідрозділом / Р. Белзецкий, А. Шиян // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2011) : матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції, 19–21 травня 2011 р., / Вінницький національний технічний університет, Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАНУ та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – С. 149–150. – ISBN 978-966-641-411-6.

95. Firebird-2.5.0.26074-0_Win32.zip [Електронний ресурс] / 10 Years FIREBIRD. – 2000. – Режим доступу: <http://www.firebirdsql.org/>.

96. Повышение стабильности и надёжности расчёта параметров гемодинамики в реокардиомониторных системах / Щукин С. И., Зубенко В. Г.,

Морозов А. А., Янг Вен Х. // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2001. – № 9. – С. 49–56. – ISSN 1560-4136.

97. А. с. 2071718 РФ Способ оценки психофизиологического состояния пациента и устройство для доплеровской локации / В. А. Федоров заявл. 18.02.94; опубл. 20.01.97.

98. Система для неинвазивного мониторингового контроля состояния кардиореспираторной системы / [В. Г.Зубенко , М. Г. Светашев, А. А. Морозов. и др.] // Сборник трудов № 3. – М. : ФГУП «Центр экстремальной медицины», 2002. – С. 85–86.

99. Веснин С. Г. Микроволновая радиотермометрия – национальное достояние России / С. Г. Веснин ; Всероссийский НИИ радиотехники. // Здоровоохранение. – 2007. – № 9. – С. 159–164. – ISSN 1028-9771.

100. Барабаненков Ю. Н. Ближнеполевая микроволновая термотомография биотканей с дифракцией теплового излучения на боковом градиенте температуры / Ю. Н. Барабаненков // Радиолокация и радиосвязь ИРЭ РАН : III Всероссийская конференция, 26–30 октября 2009 г. – М.: – С. 175–180.

101. Инструментальные способы оценки функционального состояния человека-оператора / [Басырова М. В., Комолова О. В., Курносов А. В. и др.] // Сборник докладов 5-й научно-технической конференции Медтех-2003, Египет, г. Шарм Эль Шейх. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 165 с.

102. Дистанционный контроль параметров кардиореспираторной системы человека с помощью радиолокационных средств / [Бугаев А. С., Васильев И. А., Ивашов С. И. и др.] // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2004. – № 10. – С. 24–32. – ISSN 1560-4136.

103. Бомин В. А. Комплексный контроль функционального состояния организма спортсменов-юношей с использованием телеметрической системы : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Бомин Вадим Анатольевич. – Улан-Удэ, 2006. – 30 с.

104. Шлапак В. Н. К вопросу создания беспроводных средств оперативного дистанционного контроля функционального состояния операторов опасных технологий и военных специалистов [Электронный ресурс] / Шлапак В. Н.,

Лукьянов С. Г., Леднев М. Б. // Медицинский портал. – 2008. – Режим доступа : http://medicport.ru/doctors/stati_dlya_vrachej/chelovek_v_ekstremalnyh_usloviyah/voprosy_organizacii/k_voprosu_sozdaniya_besprovodnyh_sredstv. – Назва з екрана.

105. Психологічне забезпечення оперативно-службової діяльності працівників міліції / [Александров Д. О., Андросюк Я. Ю., Казміренко Л. І. та ін.]; – ч. 2. – К. : Національна академія внутрішніх справ України, 2003. – 120 с.

106. Професіографічний опис основних видів діяльності в органах внутрішніх справ України : практичний посібник / [Барко В. І., Ірхін Ю. Б., Нещерет Т. В., Шаповалов О. В.]. – К. : Київський національний університет внутрішніх справ, Друкарня МВС, 2007. – 100 с.

107. Грабовецький Б. Є. Основи економічного прогнозування : навчальний посібник. / Б. Є. Грабовецький. – Вінниця : ВНТУ, 2004. – 162 с.

108. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання : монографія / Б. Є. Грабовецький. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 171 с. – ISBN 978-966-641-359-1.

ДОДАТКИ