

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій
Кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і
технологій

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Розробка системи контролю та корекції функціонального стану
спортсменів з використанням засобів рефлексотерапії і пульсометрії»

XAI.502.564M.23O.163.1605008 ПЗ

Виконав: студент б курсу групи № 564М
Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність 163 Біомедична інженерія
Освітня програма «Біомедична
інформатика та радіоелектроніка»

(код і найменування напрямку підготовки)

Маменчук О. О.

(прізвище й ініціали здобувача)

Керівник: Олійник В. П.

(прізвище й ініціали)

Рецензент: Косуліна Н. Г.

(прізвище й ініціали)

Харків – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет радіоелектроніки, комп'ютерних систем та інфокомунікацій
(повне найменування)
 Кафедра радіоелектронних та біомедичних комп'ютеризованих засобів і технологій
(повне найменування)
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія
 Спеціальність 163 Біомедична інженерія
(код та найменування)
 Освітня програма «Біомедична інформатика та радіоелектроніка»
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри

О. В. Висоцька
(ініціали та прізвище)
(підпис)
 «10» жовтня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Маменчук Ольга Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи контролю та корекції функціонального стану спортсменів з використанням засобів рефлексотерапії і пульсометрії

керівник роботи Олійник Володимир Петрович, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 1873а - уч від «10» жовтня 2023 року.

2. Термін подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 18.01.2024.

3. Вихідні дані до роботи: медико-біологічні показники функціонального стану спортсмена, діагностичні засоби пульсометрії, електронні засоби фізіотерапевтичного впливу.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати):

4.1. Аналітичний огляд методів та технічних засобів відновлення функціонального стану спортсменів.

4.2. Побудова структури біотехнічної системи контролю та корекції функціонального стану спортсменів.

4.3. Розроблення підсистеми пульсометричного контролю.

4.4. Аналіз ефективності запропонованих технічних рішень.

5. Перелік графічного матеріалу (додатки):

5.1 Різновиди медико-біологічних засобів відновлення функціонального стану спортсменів (плакат, арк. А4).

5.2 Структура біотехнічної медичної системи контролю та корекції функціонального стану спортсмена (плакат, арк. А4).

5.3 Алгоритм роботи медичної системи контролю та корекції функціонального стану спортсмена (плакат, арк. А4).

5.4 Структурна схема підсистеми рефлексотерапії (плакат, арк. А4).

5.5 Функціональна схема підсистеми пульсометричного контролю (плакат, арк. А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Усі розділи	Олійник В. П., професор	10.10.2023	21.01.24

Нормоконтроль _____ В. М. Олійник «15» січня 2024 р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання «10» жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання	10.10.2023	
2	Аналітичний огляд методів та технічних засобів відновлення функціонального стану спортсменів.	11.10.2023 – 02.11.2023	
3	Побудова структури біотехнічної системи контролю та корекції функціонального стану спортсменів.	03.11.2023 – 27.11.2023	
4	Розроблення підсистеми пульсометричного контролю.	28.11.2023 – 18.12.2023	
5	Аналіз ефективності запропонованих технічних рішень.	19.12.2023 – 01.01.2023	
6	Оформлення пояснювальної записки	02.01.2023 – 17.01.2024	
7	Попередній захист роботи та усунення зауважень.	18.01.2024 – 19.01.2024	
8	Захист кваліфікаційної роботи.	20.01.2024	

Здобувач вищої освіти _____ О. О. Маменчук
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ В. П. Олійник
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра: 71 с., 26 рис., 5 табл., 6 додатків, 27 джерел.

БІОТЕХНІЧНА СИСТЕМА, ЛАЗЕРНА ПУНКТУРА, ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СПОРТСМЕНА, СТРУКТУРНА СХЕМА

Об'єкт дослідження – процеси взаємодії оптичного випромінювання з організмом людини для отримання медико-біологічних показників функціонального стану та терапевтичного впливу.

Предмет дослідження – біотехнічна система контролю та корекції функціонального стану спортсмена.

Мета роботи – відновлення функціонального стану людини-спортсмена шляхом використання фізіотерапевтичних методів та засобів.

Запропонована загальна структура біотехнічної системи (БТС) контролю та корекції функціонального стану спортсменів. Розроблений алгоритм роботи біотехнічної системи, в який можуть бути вбудовані практично в усі сучасні апаратні засоби діагностики та фізіотерапії.

Віддано перевагу фотоплетизмографічним засобам діагностики у порівнянні з реєстрацією ЕКГ біопотенціалів. Цей вибір забезпечує відсутність гальванічного контакту між датчиком та периферійною електричною системою, що дозволяє підвищити електробезпеку застосування технічних засобів і здійснювати вимірювання з довільної точки системи кровообігу, а також одночасно визначати ступінь оксигенації крові спортсмена в різних режимах навантаження та відновлення.

У якості фактору впливу для корекції функціонального стану спортсмена обрані засоби лазерної рефлексотерапії. Стимуляція активних точок за допомогою лазерного випромінювання сприяє покращенню кровообігу, зняттю м'язової напруги, зменшенню запалення та активізації процесів регенерації в тканинах. Такий вплив є потенційно перспективним для відновлювання після екстремальних навантажень на організм людини.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's qualification work: 71 pages, 26 figures, 5 tables, 6 appendices, 27 sources.

BIOTECHNICAL SYSTEM, LASER PUNCTURE, FUNCTIONAL STATE INDICATORS OF THE ATHLETE, STRUCTURAL DIAGRAM

The object of research is the processes of interaction of optical radiation with the human body to obtain medico-biological indicators of functional state and therapeutic effect.

The subject of research is a biotechnical system of control and correction of the athlete's functional state.

The purpose of the work is to restore the functional state of a person-athlete through the use of physiotherapeutic methods and tools.

The general structure of the biotechnical system (BTS) of control and correction of the functional state of athletes is proposed. A biotechnical system operation algorithm has been developed, which can be built into almost all modern diagnostic and physiotherapy hardware.

Emphasis is given to photoplethysmographic means of diagnosis in conjunction with the ECG treatment of biopotentials. This choice ensures the absence of galvanic contact between the sensor and the specific electrical system, which allows to increase the electrical safety of the use of technical means and to carry out washing from critical points of the circulatory system, as well as simultaneously determine the degree of oxygenation of the athlete's blood in various load and recovery modes.

As a factor of influence for the correction of the athlete's functional state, laser reflexotherapy was chosen. Stimulation of active points with the help of laser radiation improves blood circulation, relieves muscle tension, reduces inflammation and activates regeneration processes in tissues. Such an effect is potentially promising for recovery after extreme loads on the human body.

ЗМІСТ

СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СПОРТСМЕНІВ	11
1.1 Проблеми відновлення функціонального стану спортсменів	11
1.2 Використання засобів відновлення у спорті	14
1.3 Медико-біологічні і фізіотерапевтичні засоби відновлення	17
2 ПОБУДОВА СТРУКТУРИ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА КОРЕКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СПОРТСМЕНІВ	22
2.1 Узагальнена структура біотехнічної системи	22
2.2 Вибір показників контролю функціонального стану спортсмена	24
2.3 Засоби кількісного оцінювання показників функціонального стану спортсменів.....	26
2.3.1 Засоби електрокардіографічного контролю	27
2.3.2 Фотоплетизмографічні засоби реєстрації інтервалограмм.....	32
2.4 Засоби корекції функціонального стану спортсменів	38
2.4.1 Лазерна апаратура корекції функціонального стану	40
3 РОЗРОБЛЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПУЛЬСОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ.....	45
3.1 Структурна схема підсистеми пульсометричного контролю	45
3.2 Схемотехнічні рішення побудови підсистеми контролю	46
3.3 Датчики медико-біологічних показників підсистеми	49
4 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ...	53
4.1 Особливості застосування лазерної акупунктури.....	53
4.1.1 Глибина проникнення випромінювання в біотканини	57
4.2 Лазерний терапевтичний апарат з системою зворотного зв'язку.....	58
ВИСНОВКИ.....	61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	62
ДОДАТОК А Різновиди медико-біологічних засобів відновлення функціонального стану спортсменів	66

ДОДАТОК Б Структура біотехнічної медичної системи контролю та корекції функціонального стану спортсмена	67
ДОДАТОК В Алгоритм роботи медичної системи контролю та корекції функціонального стану спортсмена	68
ДОДАТОК Г Функціональна схема підсистеми пульсометричного контролю .	69
ДОДАТОК Д Технічні характеристики лазерних терапевтичних приладів.....	70
ДОДАТОК Е Структурна схема підсистеми рефлексотерапії	71

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БАТ – біологічно активна точка;

БО – біологічний об'єкт;

БТС – біотехнічна система,

ВЧ – висока частота;

ДЛВ – доза лазерного випромінювання;

ЕКГ – електрокардіографія;

ІЧ – інфрачервоний;

ЛВ – лазерне випромінювання;

МК – мікроконтролер

НВЧ – надвисока частота

УЗ – ультразвук

ВСТУП

Постійне підвищення обсягу та інтенсивності тренувальних та змагальних навантажень серед спортсменів, необхідних для досягнення високих спортивних результатів, є підставою для вдосконалення пристроїв моніторингу функціонального стану спортсменів, щоб отримувати точні показники, запобігти перевантаженню організму та вчасно надати медичну допомогу, якщо виявлені фізичні відхилення від норми.

Фізична активність та спорт є важливими складовими здорового способу життя. Спортсмени з усіх галузей спорту регулярно піддаються інтенсивним тренуванням та змаганням, що призводить до значних фізичних та психологічних навантажень на їх організм. Внаслідок цього, виникає актуальна необхідність в ефективних методах відновлення функціонального стану спортсменів, які б допомогли забезпечити оптимальну регенерацію організму та покращення спортивних показників.

Вивчення функціональних станів організму спортсменів – один з актуальних напрямів сучасної спортивної фізіології. Функціональні стани організму спортсмена, які виникають у процесі спортивної діяльності, відображають інтегральний комплекс елементів функціональної системи, відповідальної за її ефективність. Функціональний стан спортсмена складається з різних складових. Сучасний спорт вищих досягнень характеризується високою інтенсивністю фізичних навантажень, підвищеними вимогами до системи вегетативного енергозабезпечення, координаційних здібностей і психоемоційного настрою [1]. Аналіз сучасних досліджень у галузі фізіології спорту та спортивної медицини свідчить, що більшість робіт стосуються окремих характеристик функціонального стану спортсменів у різних умовах тренувальної та змагальної діяльності [3]. Однак, серед багатьох досліджень відсутні інтегральні критерії функціонального стану спортсменів за результатами комплексної діагностики.

Мета цієї роботи – відновлення функціонального стану людини-спортсмена шляхом використання фізіотерапевтичних методів та засобів.

Задачі які необхідно вирішити для досягнення мети:

- охарактеризувати особливості функціональних станів спортсменів;
- розробити структуру біотехнічної системи корекції функціонального стану;
- обрати медико-біологічні показники оцінювання функціонального стану спортсмена та ефективні рішення для їх апаратного контролю;
- обрати фізіотерапевтичні чинники та відповідні технічні засоби корекції функціонального стану;
- запропонувати структурні та схемотехнічні рішення побудови окремих підсистем.

Методи вирішення задач.

Метод емпіричного дослідження – спостереження і дослідження конкретних явищ, узагальнення, класифікація та опис результатів дослідження;

Порівняльний метод – використовується для порівняння об'єкта дослідження з подібними об'єктами чи процесами; Моделювання – це метод демонстрації та дослідження певних процесів, явищ або організмів за допомогою їх спрощеної імітації.

Наукова новизна роботи – поєднання в біотехнічній системі методів медичної діагностики і терапевтичних факторів корекції функціонального стану спортсмена які використовують електромагнітне випромінювання оптичного діапазону.

Практична значимість – використання для побудови системи контролю та корекції функціонального стану спортсменів відомих технічних рішень для розроблення конструкцій засобів рефлексотерапії і пульсометрії

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СПОРТСМЕНІВ

1.1 Проблеми відновлення функціонального стану спортсменів

Оптимізація тренувального процесу спортсменів високої кваліфікації неможлива без ефективного використання засобів відновлення спортивної працездатності [1]. Це обумовлено тим, що при великих навантаженнях повторне тренування відбувається на фоні загального і локального невідновлення функціональних можливостей організму спортсмена. Тому перед фахівцями спортивної медицини постійно виникає проблема максимально можливого відновлення працездатності спортсменів після попереднього навантаження перед наступним тренуванням чи змаганням. Ця проблема вирішується у двох напрямках:

- в оптимальному плануванні тренувальних навантажень і структурних одиниць тренувального процесу;
- в цілеспрямованому плануванні та використанні різних засобів відновлення.

Виходячи з цього в сучасній практиці спорту використовуються різні засоби відновлення спортивної функціональності, які спрямовані на вирішення питань оптимального планування тренувального процесу, так і розробки засобів відновлення та корекції (табл. 1[1]).

Відновлення – це процес, що спрямований на відновлення порушеного гомеостазу і працездатності. Відновлення це реакція на стомлення.

Під стомленням розуміють особливий вид функціонального стану людини, що виникає під впливом тривалої чи інтенсивної роботи і призводить до зниження її ефективності.

До загальнотонізуючих засобів входять: засоби, що не здійснюють глибокого впливу на організм, ультрафіолетове випромінювання, деякі електропроцедури, аеронізація повітря, локальний масаж.

Таблиця 1 - Медико-біологічні засоби відновлення [1]

Медико-біологічні засоби відновлення			
Гігієнічні	Фізичні	Харчові	Фармакологічні
Раціональний і стабільний розпорядок дня	Масаж – загальний, локальний, вібро-, пневмо-, гідро- та ін.	Збалансованість за енергетичною цінністю	Речовини, що сприяють відновленню запасів енергії та підвищують стійкість організму до умов стресу
Повноцінний відпочинок і сон	Сухо повітряна (сауна) і парна лазня	Збалансованість за складом (білки, жири, вуглеводи ...)	Препарати пластичної дії
Відповідність спортивного одягу та інвентарю завданням і умовам підготовки та змагань	Гідро процедури: душі (дощовий, голковий, циркулярний, струменевий)	Відповідність характеру і величині навантажень	Речовини, що стимулюють функцію кровотворення
Стан та обладнання спортивних споруд	Електропроцедури: електрофорез, міостимуляція, аероіонізація, електропунктура, діатермія та ін..	Відповідність кліматичним і погодним умовам	Вітаміни та мінеральні речовини
	Світлове, лазерне опромінення: широкосмугове, інфрачервоне, ультрафіолетове.		Адаптогени рослинного походження, тваринного походження,
	Гіпероксія		Зігріваючі, обезболючі, протизапальні препарати
	Магнітотерапія, ультразвукова терапія, фонофорез		

Групу засобів вибіркового впливу складають: теплові чи гарячі ванни (евкаліптові, хвойні, морські, кисневі, вуглекислі), опромінення (проміннями синього спектру, ультрафіолетове), теплий душ, масаж (тонізуюче розтирання), аеронізація.

Планування засобів відновлення та стимуляції працездатності здійснюється на трьох рівнях: оперативному, поточному та етапному [1].

Відновлювальні заходи носять комплексний характер, включаючи засоби педагогічного і медико-біологічного характеру .

1.2 Використання засобів відновлення у спорті

Одним із найважливіших засобів підвищення спортивної працездатності є великі за обсягом та інтенсивністю тренувальні заняття (рис. 1.1).

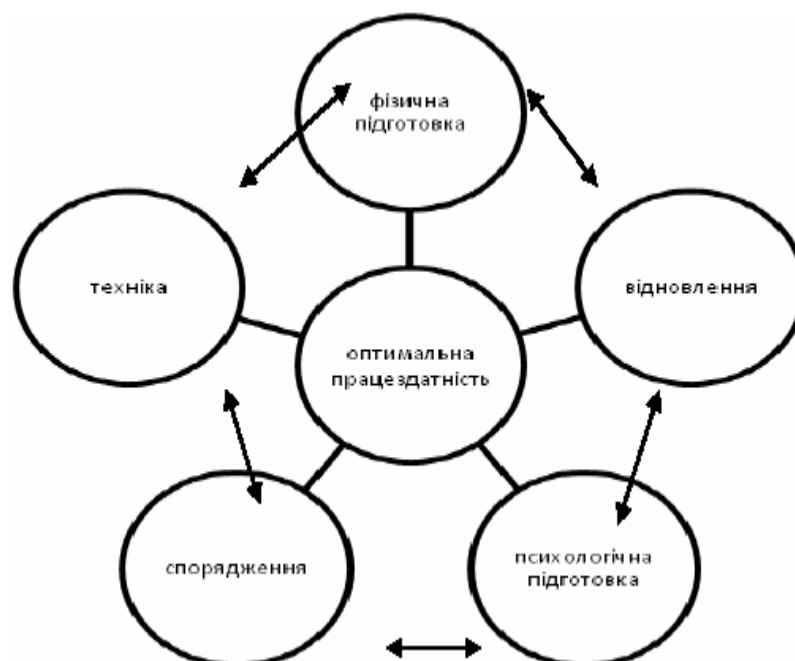


Рисунок 1.1 – Чинники, що визначають оптимальну працездатність спортсмена

Не рідко спортсмени протягом тривалого часу працюють на межі своїх функціональних можливостей і часто балансують між бажаною спортивною формою і небезпекою перевтоми чи виникнення патологій. У деяких видах спорту на тренування щодня витрачається по 8 – 9 годин, що без сумніву позитивно впливає на рівень фізичної підготовленості. Проте порівняно із

темпом зростання фізичних навантажень, для відновлення виділяється недостатньо часу (табл. 1.2).

На думку багатьох фахівців, спортсмени сьогодні досягли результатів, які близькі до граничних для організму людини. Ще 1986 року досвідчені тренери зауважили, що надмірні фізичні навантаження зумовлюють зміни в організмі спортсмена, які можуть негативно впливати не тільки на його працездатність, але й здоров'я. У зв'язку з цим, першочерговим є застосування різних сучасних засобів, які б стимулювали та сприяли процесам відновлення. Це допоможе у підготовці спортсмена і підвищуватиме ефективність тренувань.

Таблиця 1.2 – Тривалість процесів відновлення після навантажень різного спрямування

Тренувальні навантаження		Відновлення фізичної працездатності		
Спрямування	Величина	Швидкісно-силові можливості, год	Швидкісна витривалість, год	Витривалість, год
Швидкісно-силове	Велике	36–48	12–24	6–12
	Значне	18–24	6–12	3–6
	Середнє	10–12	3–6	1–3
	Мале	Кілька хвилин або годин		
Швидкісна витривалість	Велике	12–24	36–48	6–12
	Значне	6–12	18–24	3–6
	Середнє	4–6	12–18	2–3
	Мале	Кілька хвилин або годин		
Витривалість	Велике	4–6	24 – 36	60–72 (або до 5–7 діб*)
	Значне	2–3	12–18	30–36
	Середнє	до 1	6–9	10–12
	Мале	Кілька хвилин або годин		

Примітка. * – після напружених тренувань, що спричиняють вичерпання вуглеводних ресурсів організму людини.

Спортсмени і тренери часто недооцінюють роль відновлення, не враховують під час його планування характер попередньої фізичної роботи, психоемоційні і стресові чинники повсякденного життя, пов'язані із роботою,

навчанням, особистими проблемами тощо. Хибним є також уявлення, що для повноцінного відновлення достатньо добре виспатися вночі і зробити перерву між тренуваннями.

Тренування й відновлення повинні сприяти фізичній і психологічній підготовці та допомагати уникнути перетренованості (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Причини перетренованості

Причини перетренованості	Методи та наслідки тренувань
Нераціонально побудований процес спеціальної підготовки	
Нераціональна структура тренувань	Упродовж мікро- і макроциклу не використовуються жодні із засобів відновлення Велика кількість і інтенсивність тренувань Забагато тренувань, інтенсивність яких максимальна або близька до такої Висока інтенсивність аеробних тренувань Забагато змагань, що супроводжуються зміною режиму дня та великою кількістю тренувальних навантажень Часті поразки, що є наслідком надскладних завдань
Незмінний план тренувань	Невміння змінити схему тренувань чи інтенсивність навантажень, щоб урахувати різні стресові чинники, пов'язані з роботою, навчанням, сімейним життям тощо. Надмірні навантаження після вимушеної перерви, які була наслідком травми чи хвороби
Неправильне планування підготовки чи помилковий вибір методики навчання	Недостатні знання про процеси відновлення та гігієну (тобто про чинники, що впливають на фізичне і психічне здоров'я) Слабка надія на процес тренування та тренера Складне одноманітне тренування без елементів гри

Продовження таблиці 1.3

Спосіб життя	
Неправильний розпорядок дня	Квапливий спосіб життя Відсутність (недотримання) режиму дня Недостатність часу для розваг і дозвілля Неповноцінний сон
Нераціональне харчування	Незбалансоване харчування (неправильне співвідношення білків, жирів і вуглеводів, дефіцит вітамінів і мінералів) Недостатня гідратація організму Надмірне споживання алкоголю чи кофеїну
Некомфортні житлові умови	Незадовільні житлові умови – перенаселеність, слабе освітлення, шум Несприятливий психологічний мікроклімат у родині
Оточення	
Чинники, що сприяють дратівливості	Постійні конфлікти із членами сім'ї, тренером тощо Роздратування від телепередач, фільмів тощо
Проблеми на роботі або у навчанні	Незадоволення роботою Неенормований робочий день Конфлікти з колегами Надмірні навантаження на роботі, в школі, інституті Незадоволення результатами роботи та навчанні
Нерозв'язані проблеми в особистих стосунках	Напружені стосунки в сім'ї Невпорядковане особисте життя Сімейні обов'язки
Негарази із здоров'ям	Алергії, астма, застуди, гострі респіраторні захворювання, проблеми із шлунково – кишковим трактом, гострі інфекційні і хронічні захворювання

У спорті засоби відновлення застосовують у двох напрямках. Перший передбачає їх використання у період змагань, другий – протягом навчально-тренувального процесу. При цьому варто враховувати, що відновні засоби можуть також бути додатковим фізичним навантаженням. У західній літературі відновлення поділяють на: активне – відбувається під час фізичного навантаження – це заминка (короткотривалі вправи після тренувань чи змагань), зміна типу роботи, регідратація, харчування (під час і після навантажень), повільний біг, ходьба тощо; пасивне – не вимагає активних фізичних дій – це сон, масаж, гідротерапія (ванни, душі), самогіпноз, метод візуалізації, метод напруження і розслаблення м'язів, а також специфічні

методи, що потребують втручання спеціаліста. Науковці пропонують дещо іншу класифікацію: так, методи відновлення можна поділити на три групи: педагогічні, психологічні і медико-біологічні.

У спортивному тренуванні, крім педагогічних і психологічних, широко використовуються і медико-біологічні засоби відновлення, до яких належать: раціональне харчування, фізіо- та гідропроцедури; різні види масажу; приймання білкових препаратів і спеціальних напоїв; використання бальнеотерапії, від'ємного тиску, лазні, оксигенотерапії, кисневих коктейлів, адаптогенів і препаратів, які впливають на обмін речовин (дозволені фармакологічні препарати), електростимуляції, аероіонізацію тощо [2, 3].

1.3 Медико-біологічні і фізіотерапевтичні засоби відновлення

У спорті зростає потреба у засобах і методах, що забезпечували б якісне відновлення спортсмена після інтенсивних навантажень та змагань. Гідротерапія – метод, який активно використовують спортсмени різного рівня та у різних країнах світу. До гідропроцедур належать: гарячі, холодні, контрастні душі, різні типи ванн, сауни, лазні тощо. Одним із факторів впливу гідропроцедур є тепло, під час якого поліпшується обмін речовин і кровообіг, збільшується частота серцевих скорочень. Так, гарячі ванни для ніг (до колін) поліпшують кровообіг у гомілках у 6–7 разів, тиск в артеріях підвищується у 4 рази. Тепло має болезаспокійливу та знеболювальну дію, знижує тонус м'язів, позитивно впливає на роботу імунної, ендокринної та видільної систем, шлунково-кишкового тракту [1, 3].

Холодові процедури стримують розвиток гострих запальних процесів, тренують систему терморегуляції, загартовують організм. Короткотривала дія холоду посилює, а довготривала – знижує збудливість периферійної і центральної нервової системи, інтенсифікує процеси обміну в організмі, знижує частоту серцевих скорочень. Компреси із льоду застосовують для збереження високої фізичної працездатності та відтермінування настання втоми. Під дією

холоду судини спочатку звужуються, а потім розширюються, що поліпшує кровообіг у тканинах та органах.

Ванна з прісної води (гігієнічна) – підвищує адаптацію до фізичних навантажень і холодових подразників. Застосовується під час (або після) сауни та після тренувань. Температура – $+36$ – $+37^{\circ}\text{C}$, тривалість – 10–12 хв. Після ванни впродовж 1–2 хв рекомендують приймати дощовий душ (температура – $+33$ – $+35^{\circ}\text{C}$).

Вібраційна – поєднує корисний вплив загальної ванни (прісної, мінеральної) і вібрації хвиль води, спрямованих на певну ділянку тіла. Процедура стимулює захисні й адаптаційні механізми організму. Короткочасний вплив вібрації зменшує втому м'язів після навантаження, поліпшує кровообіг, обмін речовин у тканинах. Тривалість процедури – 3–10 хв щодня або через день. Курс – 10–15 процедур.

Електровібраційна ванна – сприяє прискоренню процесів обміну речовин, виведенню продуктів метаболізму (молочної кислоти, сечовини і т. д.), допомагає у релаксації м'язів, прискорює адаптацію до умов середньогір'я, знімає біль у м'язах, нормалізує сон.

Масаж має місцевий та загальний нервово – рефлекторний вплив, він зумовлює функціональні зміни дихальної, травної, серцево – судинної і нервової систем, прискорює процеси обміну речовин. Масаж є дуже важливим, але у той же час простим, доступним і ефективним засобом зняття втоми, підвищення спортивної працездатності після фізичних навантажень. Масаж сприяє кращому насиченню крові киснем і швидкому виведенню із організму продуктів метаболізму, усунення застійних явищ, розсмоктуванню набряків.

Кріотерапія – фізіотерапевтична процедура, заснована на короткочасному контакті шкірного покриву тіла з охолодженим до температури – 130°C газом. Наразі кріотерапія застосовується в якості безпечного і фізіологічного стимулятора.

Аероіонізація. Негативні аероіони – це молекули газу, що мають електричні заряди та зумовлюють електропровідність тканин, вони

утворюються у повітрі під впливом радіоактивного випромінювання ґрунту, космічного випромінювання, ультрафіолетових променів, розпилення і розбризкування води.

Чим чистіше повітря, тим більше в ньому легких негативних іонів кисню. Таких іонів особливо багато у повітрі вранці на морському березі, біля водоспадів, гірських річок, у лісі (1000 – 5000 на 1 см³ повітря). В містах і житлових приміщеннях кількість іонів кисню знижена до 400–600 у см³.

Аероіони нормалізують функціональний стан центральної і периферійної нервової системи, а також фізико – хімічний склад крові, поліпшують обмін речовин, сприяють підвищенню стійкості організму до охолодження, до нестачі кисню, а також до різних інфекційних захворювань і травматичних ушкоджень, прискорюють загоєння ран [2].

Гіпербарична оксигенація (ГБО) – лікування киснем під підвищеним тиском – один із видів загальної баротерапії. Під час захворювань, коли надходження кисню до органів і тканин знижене, розвивається гіпоксія. Під тиском у барокамері кисень проникає у плазму і між тканинну рідину, потрапляє в органи та тканини, і тим самим ліквідує кисневе голодування та відновлює функції хворого органу, підвищує стійкість організму до можливих патологічних процесів. Для процедур застосовують спеціальні медичні барокамери, всередині яких у герметичних умовах створюється підвищений тиск кисню. Сучасні бароапарати забезпечують комфортні умови впродовж усієї процедури.

Діадинамічні струми – це напівсинусоїдальні струми різної частоти (50 і 100 Гц), із заданим фронтом, що знижується по експоненті. Для створення таких струмів використовують спеціальні прилади. Цей струм знеболює за рахунок зниження чутливості периферичних рецепторів і підвищення порогу больового сприйняття, сприяє утворенню у тканині мозку нейромедіаторів (ендорфінів), нормалізує тонус кровоносних судин, позитивно впливає на крово- і лімфообіг, поліпшує роботу ЦНС. Курс 6–10 днів, процедури

проводять 1–2 рази. Діадинамічні струми можна використовувати для введення лікарських препаратів.

Інфрачервоне випромінювання – проникає у тканини на глибину 1–2 см та активує обмін речовин.

Магнітотерапія – вплив перемінним магнітним полем низької частоти. Під впливом магнітного поля відбуваються зміни у біологічних рідинах організму, зменшуються набряки, болі.

Синусоїдальні модульовані струми (СМС) мають безпечну дію, поліпшують кровообіг в органах і тканинах. Їх використовують з метою відновлення і підвищення спортивної працездатності, при підготовці спортсменів та у період змагань. СМС застосовують для пришвидшення відновлення.

Ультрафіолетове опромінення (УФО) сприяє нормальному перебігові процесів обміну речовин, нормалізує кислотно-лужну рівновагу, сприяє підвищенню активності ферментів і використанню тканинами кисню, поліпшує кровообіг та функціонування ЦНС. Під впливом УФО в організмі зростає кількість біологічно – активних речовин, у тому числі і вітаміну D, кістковою тканиною краще засвоюється Кальцій і Фосфор, збільшується кількість глікогену у печінці і м'язах.

Електросон використовують для відновлення працездатності і нормалізації сну у спортсменів. Він може мати седативну (особливо при частоті 5–20 Гц) або стимулюючу дію на ЦНС, знімає втоми, знеболює тощо.

Електростимуляція поліпшує кровопостачання й обмін речовин у м'язах, сприяє збільшенню м'язової маси. Рекомендується для прискорення процесів відновлення основних м'язів, що працюють, після напружених тренувань, для підвищення сили і працездатності. Електростимуляцію проводять перед сном у період максимальних тренувальних навантажень. Тривалість стимуляції – 10 с, відпочинку – 50 с при 10 повторах, загальна тривалість процедури – 10 хв.

Електрофорез – введення за допомогою постійного струму через неушкоджену шкіру і слизову в організм людини лікарських речовин. Має

протизапальну, знеболювальну, антибактеріальну та інші дії. Залежно від розташування електродів розрізняють поперечний, поздовжній і сегментний електрофорез. Протипоказаннями до застосування є ушкодження шкіри, алергія на лікарські препарати, дерматити, схильність до кровотеч.

Сучасна методологія підготовки спортсменів вищої кваліфікації розглядає процес інформатизації тренувального процесу як динамічну систему з великою різноманітністю складових елементів. Швидке просування по шляху мініатюризації датчиків призвело до того, що з'явилася величезна кількість гаджетів, здатних реєструвати велику кількість параметрів [1, 4].

Так, широкого застосування набули прилади із вбудованим навігаційним модулем системи глобального позиціонування (GPS) – перш за все, це продукція лідерів ринку напрямку HRM + GPS таких компаній, як: Garmin, Globalsat, Polar, Suunto, Timex.

Прилади цих компаній найчастіше позиціонуються як монітори серцевого ритму (MCP). Однак сучасний пульсометр, крім головного свого призначення, виконує безліч інших функцій і навіть включає в себе додаткові прилади. Ось деякі з них: годинник, секундомір, будильник, спідометр, барометр, навігатор, пристрій, що записує R–R інтервали та інше. Тому пульсометри часто називають спортивними тестерами і навіть комп'ютерами.

Висновки за розділом.

Наявність сучасних електронних засобів діагностики, терапевтичної дії, телекомунікацій, комп'ютерних технологій та напрямів їх застосування дозволяє створювати біотехнічні системи контролю та корекції функціонального стану спортсмена. В області спорту вищих досягнень ці нові рішення можуть допомогти в організації структури тренувального процесу.

Для вирішення задачі побудови БТС необхідно розробити загальну її структуру, обрати інформативні показники функціонального стану спортсмена, визначити засоби діагностики та коригувального терапевтичного впливу.

2 ПОБУДОВА СТРУКТУРИ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА КОРЕКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СПОРТСМЕНІВ

2.1 Узагальнена структура біотехнічної системи

Серед різних типів біотехнічних систем (БТС) особливе місце посідають системи медичного призначення [5]. Це зумовлено особливістю їхньої цільової функції: підтримання та профілактики стану здоров'я людини. Задачу корекції функціонального стану спортсменів також можна розглядати як окремий напрям застосування БТС медичного призначення.

Еволюція БТС медичного призначення говорить про те, що серед трьох основних її компонентів: пацієнт, лікар і технічні медичні засоби – найбільшу мінливість мають саме останні. Однак традиційна побудова технічних засобів у вигляді спеціалізованих блоків та пристроїв призвела до великої їхньої різноманітності, ускладнила їх використання лікарем та обслуговування нечисленним технічним персоналом [6]. До того ж діагностика та терапевтична дія не завжди точні, адекватні та своєчасні.

Ефективність використання медичних технічних засобів можна підвищувати завдяки універсалізації вимірювання комплексу біомедичних параметрів та створення БТС нормалізації функціонального стану людини, спортсмена [6, 7]. Такий підхід у принципі дозволяє через дискретизацію вимірювання величин та дозування впливу здійснювати автоматизацію діагностики та управління станом пацієнта за заданими критеріями.

Цільовою функцією даної системи є приведення фізіологічних показників організму до відповідних функціональному стану спортсмена. Як експертна підсистема може виступати сама людина (спортсмен), лікар, технічний пристрій. Залежно від цього можуть бути різні критерії нормалізації. Так, наприклад, для спортсмен це може бути самоаналіз власного стану, для лікаря – комплекс вимірюваних медико-біологічних показників, для технічного устрою – ряд формалізованих параметрів та закладена програма роботи [8].

Узагальнена структура біотехнічної системи медичного призначення показана на рис. 2.1. Відмінною рисою наведеної БТС є її замкнутість із функцією саморегуляції.

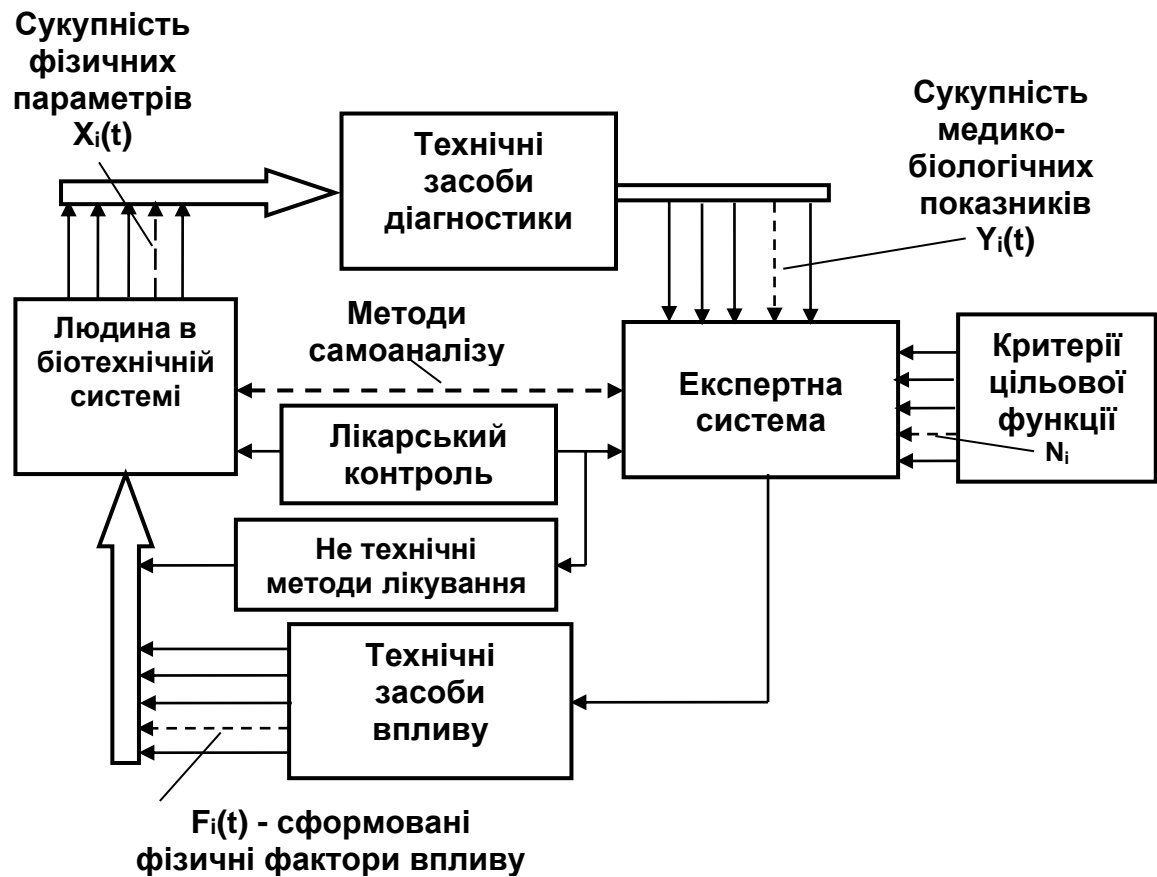


Рисунок 2.1 – Структура біотехнічної медичної системи.

Очевидно, що вихідним пунктом роботи БТС є оцінка вихідного фізіологічного стану людини за допомогою перетворення діагностичними засобами сукупності фізичних параметрів у комплекс медико-біологічних показників. Потім експертною системою на основі порівняння цих показників з нормативними (критеріальними) відбувається вибір якісних і кількісних факторів впливу на . Робота експертної системи може вестись як за формальними ознаками, встановленими на базі численних спостережень, так і з урахуванням суб'єктивної оцінки лікаря або самого спортсмена. Аналіз вірності результатів діагностики та обраного впливу оцінюється по досягненню цільової функції.

2.2 Вибір показників контролю функціонального стану спортсмена

Живі організми, у тому числі і людина, мають ряд особливостей, що ускладнюють формулювання терміна – нормальний фізіологічний або функціональний стан [9]. Наведемо найважливіші з них:

1. Будь-яка біологічна система надзвичайно складна, має багато підсистем з рухомими зв'язками та функціями, які в більшості випадків описані лише якісно.

2. При дослідженні біологічної системи доводиться враховувати комплекс факторів, що безперервно змінюються, що значно спотворює результати досліджень.

3. Стан біологічної системи описується набором фізіологічних процесів із великою кількістю різнорідних медико-біологічних показників, кількість яких остаточно не встановлено.

4. Отримання багатьох математичних залежностей, що характеризують часово-просторовий стан біосистеми, утруднено відсутністю адекватного математичного апарату.

5. Для біосистем характерна якісна неоднорідність складових підсистем з різними часовими характерними протікання та керуючими сигналами (хімічними, фізичними, інформаційними). Часова шкала фізіологічних процесів людини приведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Часова шкала фізіологічних процесів людини

Гомеостатичні механізми	Процеси адаптації	Генетичні ефекти
Нервові фактори - 0,3 с Хімічний обмін – 3 с Нейрогуморальні фактори - 3 хв Гормональні фактори - 7 хв	10 – 30 днів	Життєві процеси – 15 років Процеси деградації – 70 років

6. Велика кількість параметрів, що визначають стан біосистеми, дає лише ймовірну оцінку того чи іншого стану.

7. Неоднозначність реакції біосистеми на один і той же вплив.

8. Рефлекторний вплив різних патологічних явищ на найвищі рівні біосистеми, що призводить до спотворення інтерпретації отриманих результатів.

9. Індивідуальний розкид та мінливість медико-біологічних показників.

10. Дослідження біологічних систем доцільно проводити за умов їхнього реального існування.

11. Вимірювання параметрів біологічних систем практично неможливе без порушення їх цілісності.

12. Складність вимірювань також пов'язана з порівняно малими абсолютними значеннями вимірюваних величин при великих рівнях шумів як за рахунок роботи інших підсистем (внутрішні шуми), так і за рахунок навколишніх (зовнішні шуми). Спектри вимірюваних сигналів, що характеризують фізіологічні процеси, лежать в області інфранизькочастотних (починаючи від тисячних часток герц) та звукових частот.

Перераховані вище особливості біологічних систем, як об'єктів дослідження та впливу, можуть бути подолані, якщо в якості методологічної основи досліджень взяти гомеостаз біологічних систем. Таким чином, з позицій системного аналізу живий організм – це сукупність взаємопов'язаних, взаємодіючих, функціональних систем гомеостатичного типу, який можна описати комплексом статистично стабільних – нормальних медико-біологічних показників.

Прикладами таких нормальних показників для людського організму є температура внутрішніх органів, частота серцевих скорочень, частота дихання, тиск крові, ступінь оксигенації крові тощо.

Діагностичними ознаками не функціональності є відхилення показників середньостатистичних величин, прийнятих для досліджуваного об'єкта. Тому критеріями нормалізації функціонального стану є приведення медико-

біологічних показників гомеостатичного типу до допустимих величин для фізіологічного інтервалу.

Оскільки в біотехнічній системі йде перетворення інформації представлені у вигляді електричних сигналів пропорційних як діагностичним параметрам, так і факторам впливу, то алгоритм роботи БТС щодо реалізації цільової функції може мати узагальнену структуру наведену у додатку В.

Використовуючи орієнтовані комплекси медико-біологічних показників, відповідні засоби діагностики і нормалізуючого впливу запропоновану систему можна адаптувати до різних сфер призначення. Наприклад систем: для оцінювання і профілактики функціонального стану працівників аерокосмічної галузі, нормалізації фізіологічних показників осіб у процесі лікування та реабілітації, корекції функціонального стану спортсменів [7]. Приведений алгоритм роботи медичної біотехнічної системи може бути вбудований практично в усі сучасні апаратні засоби діагностики та фізіотерапії.

2.3 Засоби кількісного оцінювання показників функціонального стану спортсменів

Діагностика функціонального стану організму під час занять фізичною культурою і спортом має важливе значення для оцінки ступеня впливу фізичних навантажень на організм, внесення відповідних коректувальних заходів у тому випадку, коли не вистачає його функціональних можливостей. Функціональна діагностика – комплексна система аналітико-методичних підходів до визначення й оцінки можливостей спортсмена .

У зв'язку з цим головними завданнями функціональної діагностики в галузі фізичного виховання і спорту є питання, пов'язані, перш за все, з оцінкою рівня розвитку таких функціональних компонентів, як фізична працездатність, функціональна підготовленість, загальні адаптивні можливості тощо.

Першорядне значення мають питання, щодо рівня функціонування основних фізіологічних систем організму (апаратів кровообігу, зовнішнього

дихання, центральної нервової систем тощо.). Розглянемо основні підходи до оцінки функціонального стану різних фізіологічних систем організму у процесі систематичних занять фізичними вправами.

2.3.1 Засоби електрокардіографічного контролю

Оцінка функціонального стану серцево-судинної системи організму під час занять фізичною культурою і спортом має першочергове значення у зв'язку з величезною роллю даної системи у пристосуванні до фізичних навантажень різного характеру, оптимальному функціонуванні організму в найрізноманітніших за своїм змістом умовах тренувальної і змагальної діяльності. Загальновідомо, що нормальне функціонування апарату кровообігу зумовлює роботу ряду інших фізіологічних систем, забезпечує ефективне використання енергетичного потенціалу організму, сприяє його якнайшвидшому відновленню і своєрідному виходу на якісно новий рівень функціонального стану.

Реєстрація послідовності періодів серцевих скорочень отримала термін – інтервалограмма.

Метод ґрунтується на розпізнаванні і вимірі часових інтервалів між R-зубцями електрокардіограми (ЕКГ) (R - R- інтервали, рис 2.2), побудові динамічних рядів кардіоінтервалів для подальшого аналізу отриманих числових рядів різними математичними методами.

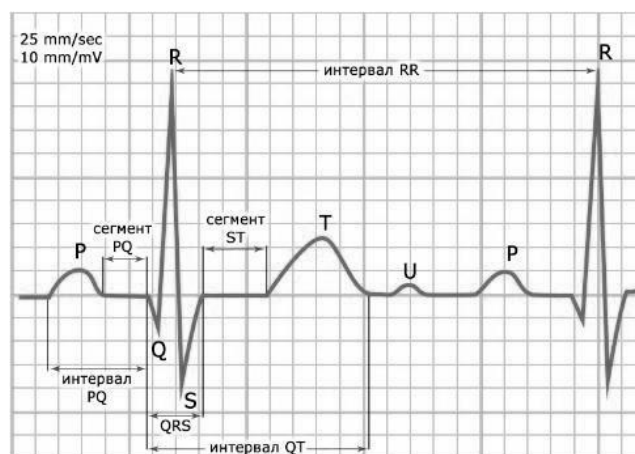


Рисунок 2.2 – Основні елементи кардіограми

Метод електрокардіографії призначений для оцінки електричної активності серця (автоматизм, збудливість і провідність серцевого м'язу), поширений у цей час, отримав велику кількість різних модифікацій. Зазвичай, електрокардіограму (ЕКГ) записують в 12 відведеннях (в 6 від кінцівок - I, II, III, aVR, aVL, aVF і в 6 грудних – V1 – V6). На стандартній ЕКГ виділяють 5 основних зубців (P, Q, R, S, T) і 6 основних інтервалів (R-R, P-Q, Q-T, T-P, S-T, QRS) (табл. 2.2) [6].

Таблиця 2.2 – Характеристики типових ЕКГ сигналів

№ п/п	Інтервали	Тривалість (с)	Фізіологічна інтерпретація
1	R-R	0,80 – 0,86	Відбиває тривалість серцевого циклу
2	P-Q	0,12 – 0,20	Відповідає часу від початку збудження передсердя до початку збудження шлуночків
3	Q-T	0,24 – 0,55	Відбиває процес розповсюдження і припинення збудження в міокарді шлуночків (електрична систола)
4	T-P	0,26 – 0,39	Відбиває стан спокою міокарду (діастола)
5	S-T	до 0,15	Відбиває фазу повного обхвату шлуночків збудженням
6	QRS	0,06 – 0,10	Відбиває час проведення збудження по міокарду шлуночків
№ п/п	Зубці	Вольтаж (мВ)	Фізіологічна інтерпретація
1	P	0,05 – 0,25	Відбиває процес збудження в міокарді передсердя
2	Q	0 – 0,3	Відбиває процес збудження внутрішньої поверхні шлуночків, міжшлуночкової перегородки, правого сосочкового м'язу, верхівки обох шлуночків і підстави правого
3	R	0,6 – 2,4	Відбиває поступове розповсюдження збудження по поверхні правого і лівого шлуночків до підстави лівого шлуночка
4	S	0 – 0,6	Відбиває закінчення періоду збудження обох шлуночків
5	T	0,3 – 0,5	Відбиває процес припинення збудження в міокарді шлуночків

Схема аналізу електрокардіограми свідчить про те, що одним із важливих показників, реєстрованих за допомогою методу електрокардіографії, є величина частоти серцевих скорочень (ЧСС, уд/хв). Враховуючи значущість цього

параметру для оперативної оцінки стану системи кровообігу, її реакції на фізичне навантаження під час дозування величини й інтенсивності м'язової діяльності, необхідна більш детальна характеристика означеного параметра.

Відомо, що частота серцевих скорочень, як інтегральний показник рівня функціонування системи кровообігу, підтримується в діапазоні нормальних значень завдяки діяльності безлічі компенсаторних механізмів. В нормі величина ЧСС у здорових нетренованих чоловіків і жінок складає 60-70 уд/хв. Основними відхиленнями ЧСС від норми є синусна тахікардія і синусна брадикардія. В абсолютно здорових людей синусна тахікардія (збільшення ЧСС від 90 до 150-180 уд/хв при збереженні правильного синусного ритму) виникає під час фізичних навантажень і емоційної напруги.

Крім цього, причинами тахікардії можуть бути різного роду інфекції, токсичні дії, підвищення температури, серцева недостатність, ішемія, дистрофічні зміни в синоатріальному (СА) вузлі тощо. Синусна брадикардія (зниження ЧСС до 40-59 уд/хв при збереженні правильного синусного ритму) серед здорових людей спостерігається найбільш часто у спортсменів. В патології синусна брадикардія зустрічається при деяких інфекціях (грип, черевний тиф), при інфаркті міокарду, підвищенні внутрічерепного тиску тощо. Різновидом якісних змін ЧСС є синусна аритмія – неправильний синусний ритм, який характеризується періодами поступового почастишання і зменшення ритму. Частіше за все зустрічається дихальна синусна аритмія, при якій ЧСС збільшується на вдиху і зменшується на видиху. Серед здорових нетренованих людей синусна дихальна аритмія найбільш характерна для осіб молодого віку, а також в періоді одужання після інфекційних захворювань. Синусна дихальна аритмія є досить поширеною серед молодих людей, хворих на нейроциркуляторну дистонію. Для спортсменів наявність синусної дихальної аритмії у стані відносного спокою деякими фахівцями розглядається навіть як показник високого рівня тренуваності - під час виконання фізичних навантажень це явище зникає. Крім електрокардіографічного методу величину ЧСС визначають також пальпаторно. При цьому, великий палець або

2-4 будь-яких накладають на долонну поверхню передпліччя лівої руки, злегка притискують судину і підраховують кількість коливань артеріальної стінки за 10, 15 або 30 секунд із подальшим перекладом отриманого значення в кількість ударів за хвилину.

Одним з визнаних технічних рішень визначення функціонального стану спортсмена за показниками частоти серцевих скорочень є використання електрокардіографічних комплексів. До таких діагностичних засобів належить апаратно – програмний комплекс КАРДІОЛАБ виробництва ТОВ ХАІ – МЕДИКА [11]. На рис. 2.3 показані основні компоненти комплексу.



Рисунок 2.3 – Структура засобів апаратно – програмного комплексу
КАРДІОЛАБ [9]

КАРДІОЛАБ - це комп'ютерний електрокардіографічний комплекс, призначений для проведення широкого кола ЕКГ-досліджень [9]:

- стандартна електрокардіографія з автоматичною інтерпретацією ЕКГ;
- монітор серцевого ритму з аналізом параметрів варіабельності серцевого ритму (ВСР);
- фонокардіографія;
- велоергометрія з комп'ютерним керуванням протоколами навантажень;

- аналіз алтернації Т-хвилі;
- абдомінальна електрокардіографія плода в ході вагітності;
- експрес-діагностика функціональної підготовленості спортсменів (за методом проф. С.А. Душаніна);
- дистанційна електрокардіографія - передача і прийом з використанням засобів мобільного зв'язку та INTERNET ЕКГ-сигналів і результатів їх аналізу.

Головна відмінність цього кардіографа це універсальне підключення до ПК (дротове, з використанням USB, або бездротове - по Bluetooth). Дальність бездротового зв'язку може становити до 20 метрів. Універсальний кардіограф важить менше 200 грамів і може розташовуватися прямо на тілі пацієнта. При цьому якість реєстрованої ЕКГ буде навіть кращою, ніж при використанні електрокардіографа з дротовим з'єднанням, особливо під час виконання проб із навантаженням.

Першим і основним призначенням системи КАРДІОЛАБ є проведення стандартного електрокардіографічного обстеження, яке включає в себе:

1) Запис ЕКГ стандартної тривалості (від 10 до 120 с) в одній із загальноприйнятих систем електрокардіографічних відведень (12-стандартних, Франка, Неба, Слопака та ін.);

2) Аналіз ЕКГ з автоматичним (або ручним) розставленням міток, вимірюванням основних часових і амплітудних співвідношень на ЕКГ, а також формуванням комп'ютерного також формуванням комп'ютерного варіанта інтерпретації ЕКГ (з можливістю її ручного доповнення або корекції);

3) Векторний аналіз ЕКГ з використанням трьох ортогональних відведень, синтезованих за реєстрованими 12-ти стандартними, з відображенням векторної петлі та її проєкцій на площині F, H і S.

4) Формування звіту за результатами проведеного ЕКГ дослідження та його автоматичне оформлення відповідно до однієї з заздалегідь заготовлених форм.

5) Друк результатів ЕКГ-обстеження проводиться на звичайному папері за допомогою стандартного лазерного або струменевого принтера. Обсяг і зміст звіту обирається самим користувачем.

2.3.2 Фотоплетизмографічні засоби реєстрації інтервалограмм

Фотоплетизмографія - це найпоширеніший спосіб вимірювання пульсу з точки зору масового застосування. Звуження і розширення судини під дією артеріальної пульсації кровотоку викликають відповідну зміну амплітуди сигналу, одержуваного з виходу фотоприймача.

На рисунку 2.4 показаний режим реєстрації периферійного кровотоку:

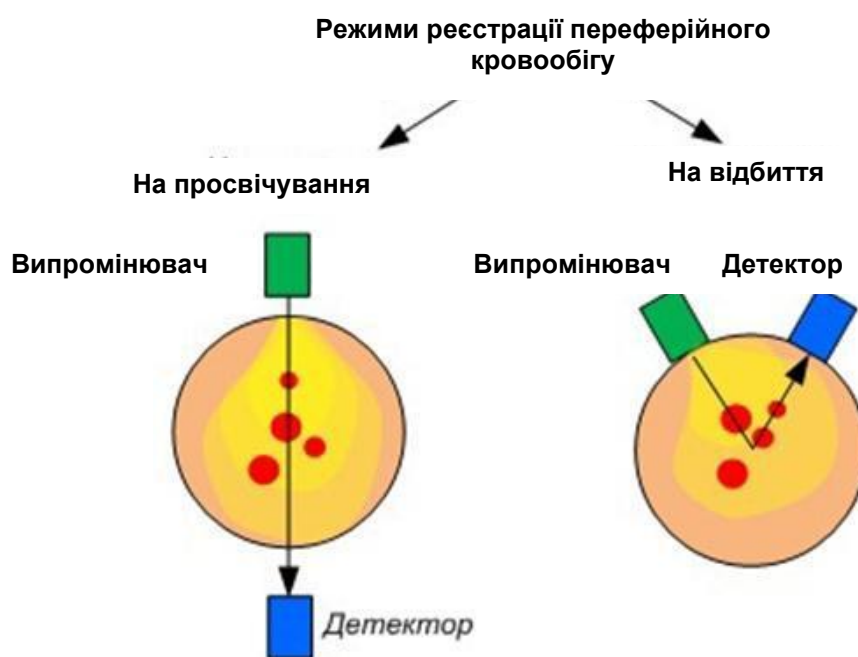


Рисунок 2.4 – Режим реєстрації периферійного кровотоку

Вважається, що постійна складова фотоплетизмограми пов'язана з фіксованим обсягом крові і поглинанням випромінювання тканинами локалізованої ділянки, а пульсова складова - зі зміною обсягу крові цієї ділянки при серцевому скороченні. Поглинання випромінювання тканинами залежить від довжини хвилі. Так, оксигемоглобін і дезоксигемоглобін мають різні

коефіцієнти поглинання для $\lambda = 660$ і 910 нм, що визначаються їх спектрами поглинання (рис. 2.5, рис.2.6).

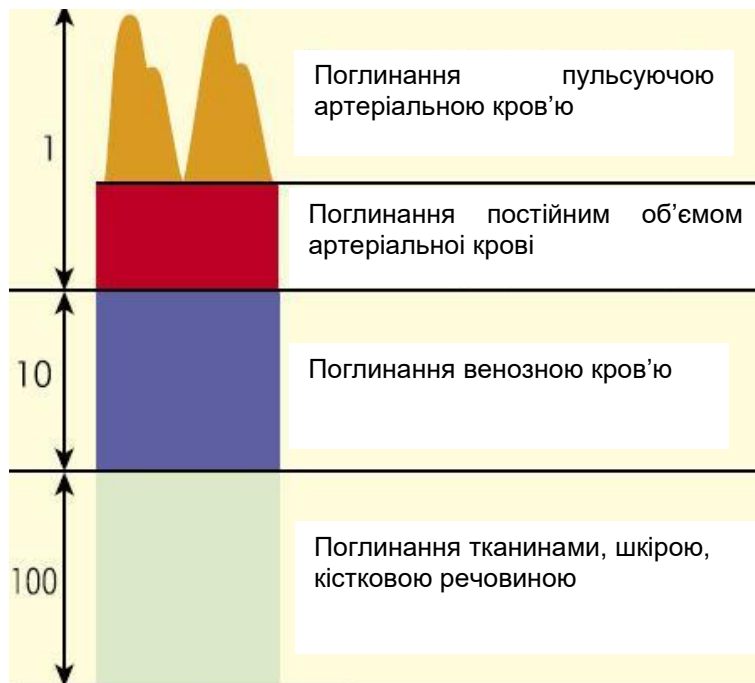


Рисунок 2.5 – Поглинання оптичного випромінювання при пульсовому кровонаповненні. Зліва вказані цифри, пропорційні оптичній щільності кожної ділянки.

Можливість застосування оптоелектронного сенсора у режимі плетизмографії обумовлена наступними фізичними ефектами. Внаслідок сильного розсіяння і поглинання світла в біотканині можна вимірювати як зміни інтенсивності світла при проходженні його через тканину (трансмісійний режим), так і зміни інтенсивності світла, відбитого від кровонаповненої тканини (режим відбиття світла).

В обох випадках будь-яка зміна в об'ємі крові буде реєструватись детектором, тому що зі збільшенням (або зменшенням) об'єму відбувається більше (або менше) поглинання та відбиття світла. За відсутності будь-яких змін в об'ємі крові рівень сигналу визначається типом тканини, станом шкіри,

об'ємом статичної крові, місцем розташування сенсора, та його геометричними параметрами і чутливістю [5].

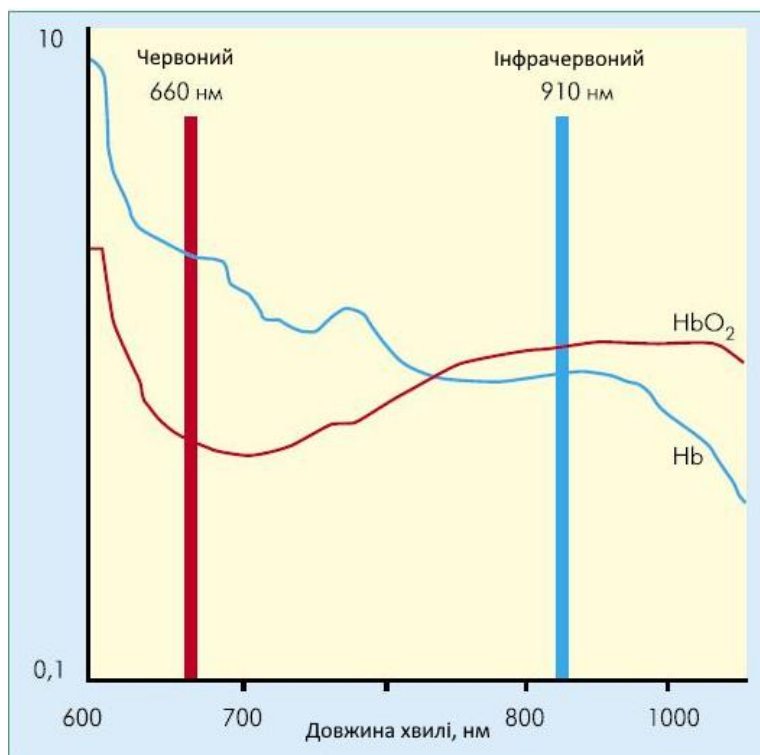


Рисунок 2.6 – Спектри поглинання оксигемоглобіну (HbO₂) і дезоксигемоглобіну (Hb).

Оскільки опромінюваний потік крові пульсує, тому змінюється оптична довжина шляху, яка модулює поглинання і відбиття світла на всьому інтервалі серцевого циклу. Непульсуючі рідини і тканини не модулюють світло і лише впливають на значення постійної складової рівня поглинання. Результатом цього те, що світло, яке відбивається від пульсуючого судинного русла, містить як сталу, так і змінну компоненти. Остання є пропорційною і синхронною об'ємним змінам крові у судині. Саме цей промодульований компонент відомий як фотоплетизмографічний сигнал (ФПГ). Він накладається на постійну складову (рис. 2.7), яка показує різницю між падаючою променистою енергією і поглинанням її у біотканинах, що знаходяться на оптичному шляху.

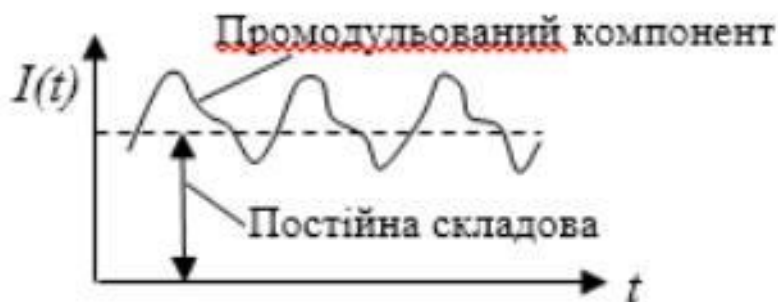


Рисунок 2.7 – Сигнал пульсової хвилі

Задача відокремлення модульованого інформаційного компонента від постійної складової вирішується, як аналоговими так і цифровими методами обробки сигналів. У існуючих діагностичних системах первинний інформаційний сигнал сенсорів отримується в аналоговій формі, додатково підсилюється і за допомогою АЦП формується необхідний масив даних. Перевагою оптоелектронних сенсорів є підвищена завадостійкість від впливу зовнішніх електромагнітних шумів.

На рис. 2.8 показані періоди серцевих скорочень, які визначаються з запису фотоплетизмограми навіть за наявності інфранизькочастотних складових сигналу (дихальні процеси, скорочення м'язів та ін.) [6].

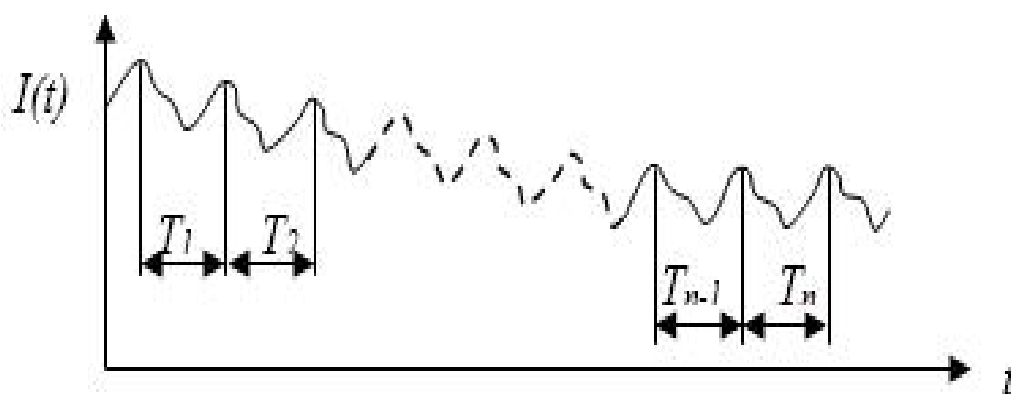


Рисунок 2.8 – Визначення періодів серцевих скорочень по сигналу пульсової хвилі

Поширені технічні засоби що базуються на реєстрації фотоплетизмографічних даних – пульсоксиметри одночасно дозволяють визначити показники ритмограми, кровонаповнення судин і ступень оксигенації крові. Пульсоксиметри розрізняють за видами: стаціонарні, поясні, наручні, напалічні.

Стаціонарний засіб найгабаритий з пульсоксиметрів, але водночас це найточніший апарат [12]. Його використовують під час операцій, у реанімації та при проведенні серйозних процедур, які можуть бути небезпечними та складними для виконання. Датчик поміщається на палець, але приєднується до корпусу розміром у книгу та монітору, куди безперервно виводяться дані.



Рисунок 2.9 – Приклад стаціонарного пульсоксиметра

Поясні пульсоксиметри (рис. 2.10) використовуються при лікуванні серцево-судинних проблем як у стаціонарі, так і вдома. Датчик фіксується на пальці і приєднується до монітора закріпленого на поясі. Протягом доби можна отримувати точні результати вимірів. Під час підготовки до змагань або підбору правильного харчування спортсмен веде постійний моніторинг сатурації що може бути ключовим показником.



Рисунок 2.10 – Приклад поясного пульсоксиметра

Наручним типом пульсоксиметра (рис. 3.10) частіше користуються спортсмени та люди, що займаються підйомом на вершини [13]. Окрім оксигенації та пульсу цей засіб визначає рівень артеріального тиску. Закріплюється прилад як наручний годинник з окремим датчиком на вказівний або середній палець.



Рисунок 2.10 – Приклад наручного пульсоксиметра

Напалічний апарат (рис. 2.11), схожий на невелику прищіпку з дисплеєм, на який виводиться результат вимірювання рівня кисню в крові та пульс. Також у багатьох приладах є показник роботи капілярів та судин (PI) пальця, на якому

проводиться замір. Є різні розміри, від дорослого до дитячого з різним ступенем стискання [14].



Рисунок 2.11 – Приклад напалічного пульсоксиметра

Будь-який пульсоксиметр, з розглянутих, дозволяє отримати частоту серцевих скорочень та рівень насичення киснем крові. Ці показники є максимально інформативними для оцінювання функціонального стану спортсмена.

Перевагою фотоплетизмографічного методу в порівнянні з реєстрацією біопотенціалів є відсутність гальванічного контакту між датчиком та периферійною електричною системою. Це дозволяє підвищити електробезпечність застосування технічних засобів і здійснювати вимірювання з довільної точки системи кровообігу.

2.4 Засоби корекції функціонального стану спортсменів

Як було зазначено у 1-му розділі до медико-біологічних шляхів відновлення функціонального стану спортсменів відносяться засоби фізіотерапії. Серед цих засобів є група, яка відноситься до рефлексотерапії [15].

Рефлексотерапія – це вплив на активні точки тіла людини. Подібна процедура може застосовуватися з лікувальною та профілактичною метою. Для її проведення використовуються спеціальні голки, електрострум низької напруги, монохроматичне лазерне та широкосмугове оптичне випромінювання та інші фізичні чинники впливу. У давні часи лікування методом

рефлексотерапії відбувалось за допомогою металевих кульок, пластин, сигарет із гіркою полину і каменів. Така лікувальна процедура – одна з небагатьох альтернативних терапій, яка визнана ефективною та безпечною навіть представниками офіційної медицини.

До класичних видів сучасної рефлексотерапії відносять декілька найбільш популярних:

1) Акупресура. На активні точки впливають механічним шляхом кінчиками пальців або якимись спеціальними інструментами, пристроями. Такий метод позитивно впливає на метаболічні процеси й прискорює відновлення організму після тривалої хвороби або хірургічного втручання. Під час процедури шкірні покриви пацієнта не пошкоджуються.

2) Аурикулотерапія. Спеціаліст голками «працює» з активними точками, розташованими на вушних раковинах. Це не означає, що процедура може допомогти тільки при захворюваннях ЛОР-органів – навпаки, аурикулярна терапія при остеохондрозі та інших проблемах із опорно-руховим апаратом визнана найбільш результативною.

3) Голкотерапія – ефективний варіант з використанням металевих, срібних або золотих голок. Голкотерапія здатна чинити тонізуючу та заспокійливу дію. Такий метод цілком може бути використаний і для самостійного лікування – ціна на голки для рефлексотерапії невелика, а спеціальні посібники допоможуть розібратися з основними принципами процедури.

4) Мікрострумова рефлексотерапія. Вона буквально змушує працювати м'язи та опорно-руховий апарат, стимулюючи подання потрібних імпульсних сигналів до головного мозку. Лікар робить масаж точок рефлексотерапії на стопах пацієнтам із дитячим церебральним паралічем. Методика дієва при затримці мовлення й рухових розладах.

5) Лазерна рефлексотерапія. На активні точки впливають лазерним променем. Особливо ефективний цей метод у разі лікування гострих і

хронічних запальних захворювань, посттравматичного синдрому й дегенеративних або дистрофічних змінах у тканинах.

Останнім часом розглянутий метод терапії застосовується в косметологічній практиці. Він так і називається – лицьова рефлексотерапія, яка дозволяє підвищувати тонус шкіри, роблячи її більш пружною та еластичною.

Рефлексотерапія – один із найсучасніших напрямів у офіційній медицині, хоча, наприклад, в Китаї таке лікування використовується вже кілька століть поспіль. Подібні методи схвалені наукою й лікарями-практиками. Вони включені до схеми терапії, але розглядаються лише як додаткові заходи.

Рефлексотерапію також можна трактувати як різновид фізіотерапії. Зазвичай у фізіотерапії виділяють електролікування, світлолікування, водолікування, теплове лікування, лікування із застосуванням механічних впливів. Кожен з них включає ряд лікувальних методів, заснованих на використанні того чи іншого фізичного чинника. Найбільше число методів об'єднує електролікування (методи з використанням електричного поля, постійного, змінного, безперервного і переривчастого електричного струму, змінного магнітного поля, електромагнітних полів).

Електростимуляція - застосування електричного струму з метою збудження або посилення діяльності певних органів і систем.

Магнітотерапія - це застосування в лікувально-профілактичних цілях постійних, низькочастотних змінних і імпульсних магнітних полів.

Світлолікування (фототерапія) - застосування з лікувальними і профілактичними цілями електромагнітних коливань оптичного діапазону – енергії видимого, ультрафіолетового та інфрачервоного, випромінювання (світла).

2.4.1 Лазерна апаратура корекції функціонального стану

Лазеропунктура - це метод рефлексотерапії, який використовує лазерне випромінювання для стимуляції акупунктурних точок на тілі з метою

поліпшення здоров'я та лікування різних захворювань. Цей метод поєднує принципи акупунктури і лазерної терапії, і він дозволяє стимулювати точки без використання голок або фізичного тиску. Цей метод спирається на принципи традиційної китайської медицини, де активні точки розташовані на енергетичних меридіанах, і стимуляція цих точок сприяє відновленню рівноваги енергетичного потоку в організмі.

На сьогоднішній день проведено значну кількість наукових досліджень, спрямованих на вивчення ефективності лазеропунктури для корекції функціонального стану спортсменів. Деякі з цих досліджень показали позитивний вплив цих методик на покращення спортивних показників та зменшення ризику перенавантажень та травм.

Наприклад, дослідження, проведені у галузі лазерної терапії, показали, що стимуляція активних точок за допомогою лазерного випромінювання сприяє покращенню кровообігу, зняттю м'язової напруги, зменшенню запалення та активізації процесів регенерації в тканинах [15]. Це може допомогти спортсменам відновитися після тренувань та змагань швидше і ефективніше.

Лазерне випромінювання характеризується монохроматичністю (однобарвністю), когерентністю (збігом всіх фаз світлових хвиль в просторі та часі), поляризованістю (поперечно світлових хвиль по відношенню до напрямку променя).

Ці властивості лазера дозволяють при необхідності отримати випромінювання високої інтенсивності та потужності енергії, виключної спрямованості - практично паралельний пучок світла. Під впливом лазерного випромінювання низької інтенсивності на інфекційне запальне вогнище також відмічається позитивний вплив на протікання процесу, характер нейрогуморальних зсуенів, інтенсивність імунологічних процесів. У медичній практиці існують наступні методи впливу лазерним випромінювання: дистанційний (випромінювач розташовують на деякій відстані від тіла), контактний (випромінювач стикається з шкірним покривом), внутрішньосудинний (світловод випромінювача знаходиться в просвіті

судини), надсудинний (випромінювач за допомогою спеціального пристосування кріпиться над кровоносною судиною), внутрішньоорганний (світловод знаходиться всередині порожнини органа - сечового міхура), внутрішньопорожнинний (світловод знаходиться всередині природної порожнини – внутрішньопорожнинне опромінення вентрикулярного або спинномозкового ліквору).

Таким чином використання лазерної рефлексотерапії можна вважати раціональним напрямом корекції функціонального стану спортсмена. Для застосування в біотехнічній системі пропонується використати блоковий принцип побудови лазерної терапевтичної апаратури, відповідно до якого лазерна терапевтична апаратура умовно розділяється на чотири поєднані частини (рис. 4.1): базовий блок (1), блок зовнішньої модуляції (2), випромінюючі головки (3), оптичні та магнітні насадки (4). На рис. 2.12 показано складові такого технічного рішення.

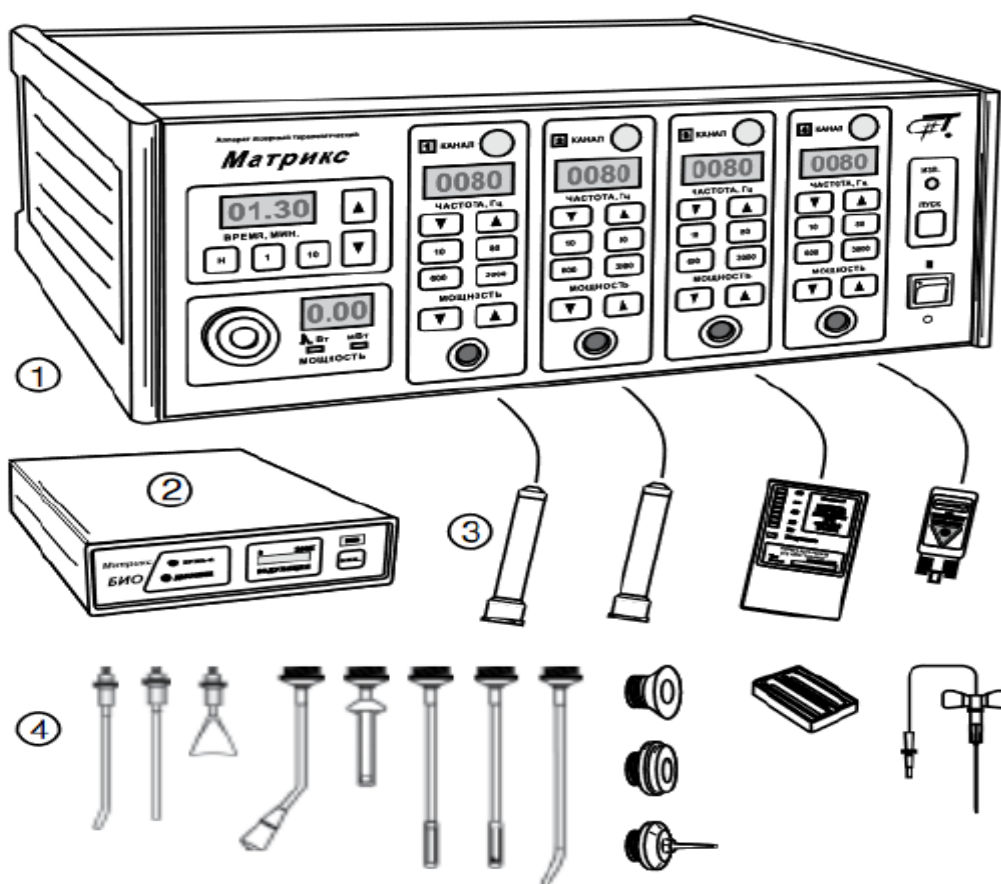


Рисунок 2.12 – Блоковий принцип побудови лазерної терапевтичної апаратури

Базовий блок - основа кожного комплексу - являє собою блок живлення і управління. Основні його функції - завдання режимів випромінювання з обов'язковим контролем параметрів: частоти, часу сеансу, потужності випромінювання та інші.

Контроль параметрів не тільки страхує від помилок при виборі вихідних значень, але і забезпечує можливість варіювання режимами впливу в широкому діапазоні, що, в свою чергу, дозволяє фахівцям удосконалювати методологію і шукати оптимальні варіанти корекції та відновлення стану спортсмена.

До базових блоків підключаються різні випромінюючі головки з відповідними насадками. У сучасних апаратах обов'язково забезпечується можливість зовнішньої модуляції потужності випромінювання головок, наприклад, біоритмами людини.

Основні принципи блочної побудови найкращим чином реалізовані в сучасних апаратах серій «Матрикс» [16] і «ЛАЗМІК®» [17].

Апарати лазерні терапевтичні «Матрикс» і «ЛАЗМІК®» не тільки найбільш ефективні, вдало поєднуються з іншими фізіотерапевтичними апаратами, але також мають сучасний дизайн, що дозволяє успішно їх застосовувати в кращих спортивних центрах.

Більш компактну конструкцію має Апарат «Ліка-терапевт М» (рис. 1.13) – цей пристрій є джерелом лазерного випромінювання видимого та ІЧ спектральних діапазонів при проведенні процедур лазерної терапії.

Апарат «Ліка-терапевт М» складається з електронного блоку до якого роз'ємно приєднуються виносні маніпулятори з вбудованими лазерними випромінювачами видимого і ІЧ діапазонів спектру. Саме це дає можливість підібрати саме ті види режимів, що є найбільш ефективними для використання в спортивній медицині. За рахунок своєї портативності та ергономічному дизайну - цей апарат добре підходить для використання під час спортивних змагань.



Рисунок 2.13 – Апарат «Ліка-терапевт М»

Основні технічні параметри поширених зразків лазерних терапевтичних приладів наведені у додатку Г [19].

Висновки за розділом.

Побудована узагальнена структура та алгоритм роботи біотехнічної системи контролю та корекції функціонального стану спортсменів.

Обрано для оцінювання функціонального стану спортсменів комплекс медико-біологічних показників що отримуються за методом оптичної плетизмографії. До основних показників віднесені: середня частота серцевих скорочень, ступінь оксигенації, ритмограма. За даними ритмограми можна розрахувати показники варіабельності серцевого ритму за якими є відпрацьовані методики оцінювання фізіологічного і функціонального стану людини.

Для корегувального терапевтичного впливу обрану метод лазерної акупунктури. Цей метод має розгалужену апаратну реалізацію і відпрацьовані методики цільового використання.

Таким чином для технічної реалізації БТС необхідні технічні рішення побудови підсистем контролю та корекції функціонального стану людини.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПУЛЬСОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ

3.1 Структурна схема підсистеми пульсометричного контролю

Підсистема моніторингу на контролю базується на вимірюванні показників серцевих скорочень за якими можна визначати поточні та прогнозувати зміни функціонального стану спортсменів. Засоби вимірювання пульсу загалом можна розділити на три блоки:

- вимірювання пульсу;
- обробка та передача інформації;
- представлення результатів.

Структурна схема підсистеми представлена на рисунку 3.1.

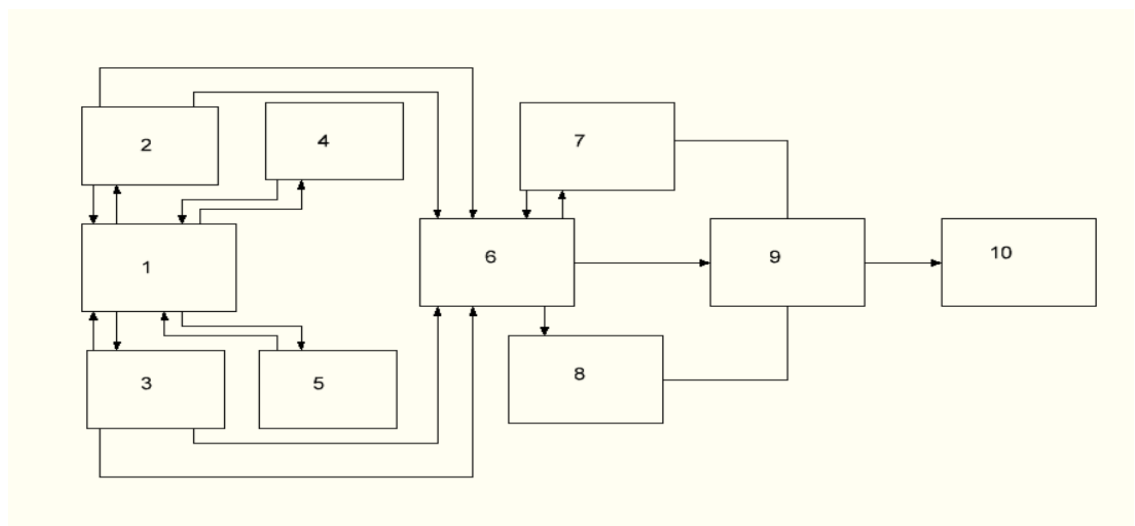


Рисунок 3.1 — Структурна схема підсистеми контролю функціонального стану спортсменів

Принцип роботи підсистеми полягає в тому, що до тіла людини (спортсмена) (1), прикріплюється датчик вимірювання пульсу (2). Через блок USB (4) передається інформація для оброблення на мікроконтролером (3), який відповідно програмі, передає сигнал на датчик вимірювання пульсу, що виконує зняття інформацію про імпульсні сигнали серцевого скорочення, тобто

виконується вимірювання значень пульсу. Далі сигнал передається на мікроконтролер (3), який передає інформацію через блок USB або блютуз модуль (7) на блок прийому інформації (5). Потім відповідно прописаному програмному коду, комп'ютер виконує перетворення вимірних значень, і вже представляє результат у формі частоти серцевих скорочень. Блютуз модуль потрібний для отримання поточної інформації, блок USB – для переробленої інформації, для передачі її на робочий комп'ютер з метою створення статистичних даних пульсу та сатурації крові. Стежить за станом здоров'я та даними спортивний лікар (6). Для створення портативного бездротового пристрою пульсоксиметра, для моніторингу функціонального стану спортсмена, потрібно виділити основні складові, які разом будуть утворювати робочу конструкцію.

3.2 Схемотехнічні рішення побудови підсистеми контролю

На рисунку 3.2 зображена функціональна схема пульсоксиметра з додатковими датчиками медико-біологічних показників.

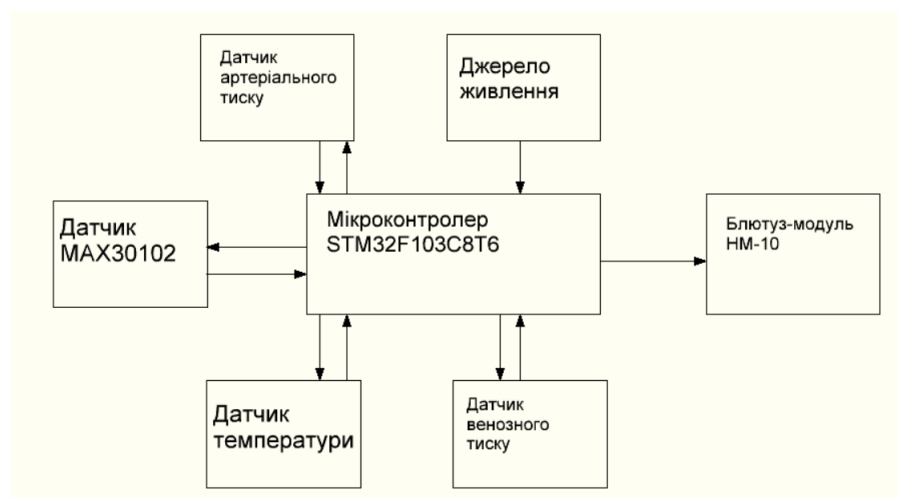


Рисунок 3.2 – Функціональна схема пристрою з реєстрацією додаткових показників функціонального стану спортсменів

На основі функціональної розроблена електрична принципова схема моніторингу функціонального стану спортсменів з реєстрацією додаткових показників, яка представлена на рис. 3.3.

В схемі виділимо три головні блоки даної конструкції:

- датчик пульсоксиметрії;
- мікроконтролер;
- блютуз модуль.

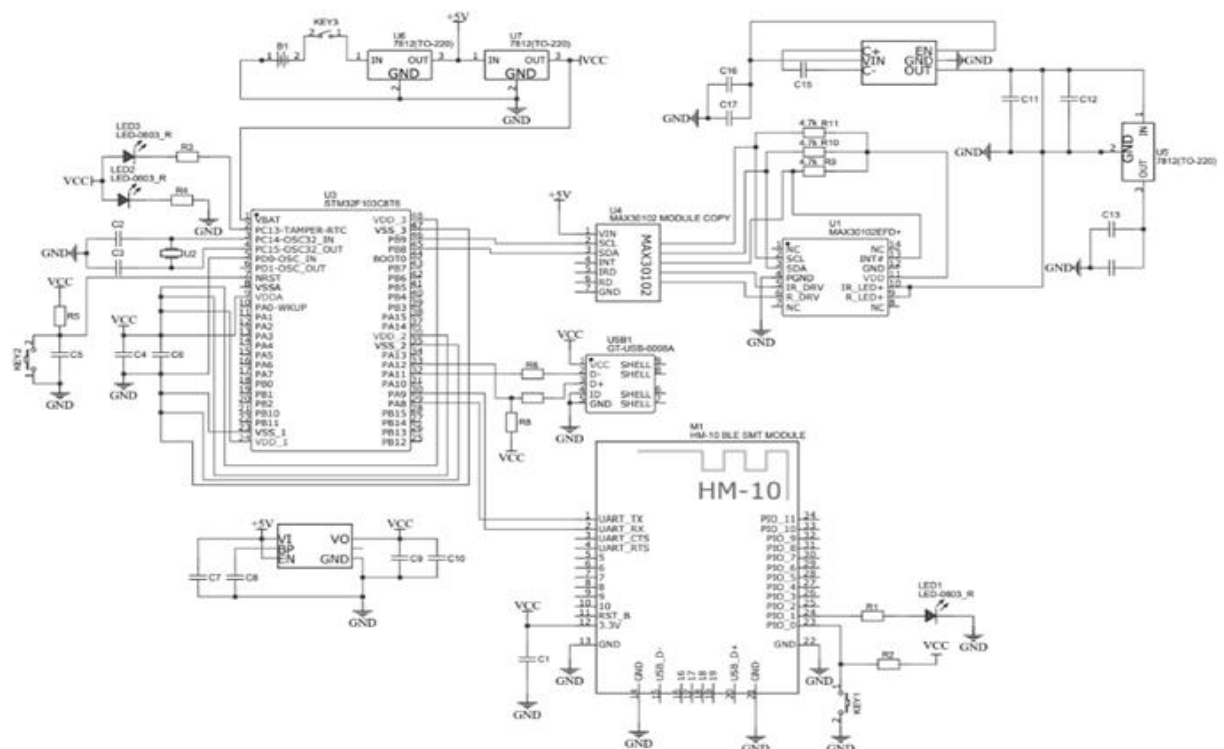


Рисунок 3.3 – Схема електрична принципова пристрою моніторингу функціонального стану спортсменів

Базовим елементом є інтегральний сенсорний модуль MAX30102 (рис. 3.4) призначений для спрощення розробки портативних медичних приладів контролю серцевого ритму та насиченості крові киснем [16]. До складу цієї мікросхеми інтегровані світлодіоди (червоний та ІЧ) та фотоприймач, а також вбудовані оптичні елементи. Наявна у складі MAX301002 електронна схема обробки сигналів характеризується низьким рівнем власного шуму та забезпечує придушення зовнішнього засвічення. У процесі вимірювань

використовується канал червоного та інфрачервоного світла з регульованою програмним чином інтенсивністю світіння та тривалістю сеансів вимірювання.

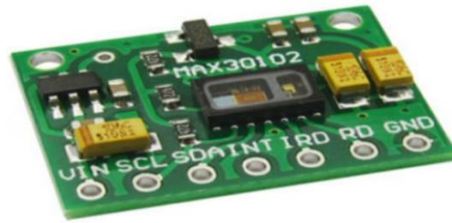


Рисунок 3.4 – Сенсорний модуль MAX30102

Відповідно умовам узгодженості з сенсорним модулем вибираємо мікроконтролер STM32F103C8 (рис. 3.5) [17]. Він має 32-розрядне RISC-ядро ARM Cortex-M3 і є останнім поколінням процесорів ARM для вбудованих систем. Розроблено для використання в недорогих платформах, які задовольняють потребам МК з зменшеним числом контактів та низьким енергоспоживанням, забезпечуючи необхідну продуктивність обчислень та з детермінованою відповіддю на переривання.

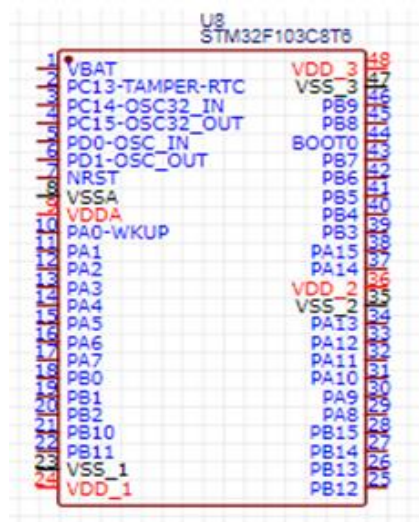


Рисунок 3.5 – Мікроконтролер STM32F103C8T6

Для бездротової передачі даних моніторингу використано компонент НМ-10 (рис. 3.6) – це невеликий модуль Bluetooth 4.0 BLE SMD 3,3 В на основі TI CC2540 або CC2541 Bluetooth SOC (система на чіпі). НМ-10 виготовляється компанією Jinan Huamao і є одним із багатьох пристроїв Bluetooth, які вони

виробляють, включаючи НМ-11, який є експлуатаційно такий же, як і НМ-10, але має меншу площу з меншою кількістю виламаних штифтів [18].

НМ-10 Основні характеристики:

- напруга живлення - +2,5 В до +3,3 В;
- максимальний струм - до 50 мА;
- струм в активному стані 9 мА;
- струм в режимі «сну» - 50-200;
- РЧ потужність: -23 дБм, -6 дБм, 0 дБм, 6 дБм;



Рисунок 3.6 – Модуль Bluetooth НМ-10

Таким чином розроблений пристрій призначений для застосування у спорті та охороні здоров'я, ним легко та швидко керувати, стежити за показаннями пульсу, насиченості киснем крові, температури та артеріального тиску. Одним із важливих факторів є передача даних через стандартний радіоканал на смартфон або персональний комп'ютер. Розроблений пристрій і вимірювані медичні показники призначені моніторингу ефективності застосування засобів лазерної рефлексотерапії в біотехнічній системі корекції функціонального стану спортсменів.

3.3 Датчики медико-біологічних показників підсистеми

До найбільш важливих показників фізіологічного і функціонального станів спортсмена відноситься ступінь оксигенації (насичення крові киснем). Як показано на рисунку 3.7, у цьому варіанті здійснення датчик насичення крові

киснем МАХ30102 в основному складається з червоного світлодіода та інфрачервоного світлодіода, фотодетектора, оптичного пристрою та малошумної електронної схеми з придушенням навколишнього світла. Користувачеві потрібно використовувати мікроконтролер для читання FIFO самого МАХ30102 через апаратний I2C або аналоговий інтерфейс I2C, а потім можна отримати перетворене значення інтенсивності світла, а значення частоти серцевих скорочень і насичення крові киснем можна отримати, написавши відповідний алгоритм.

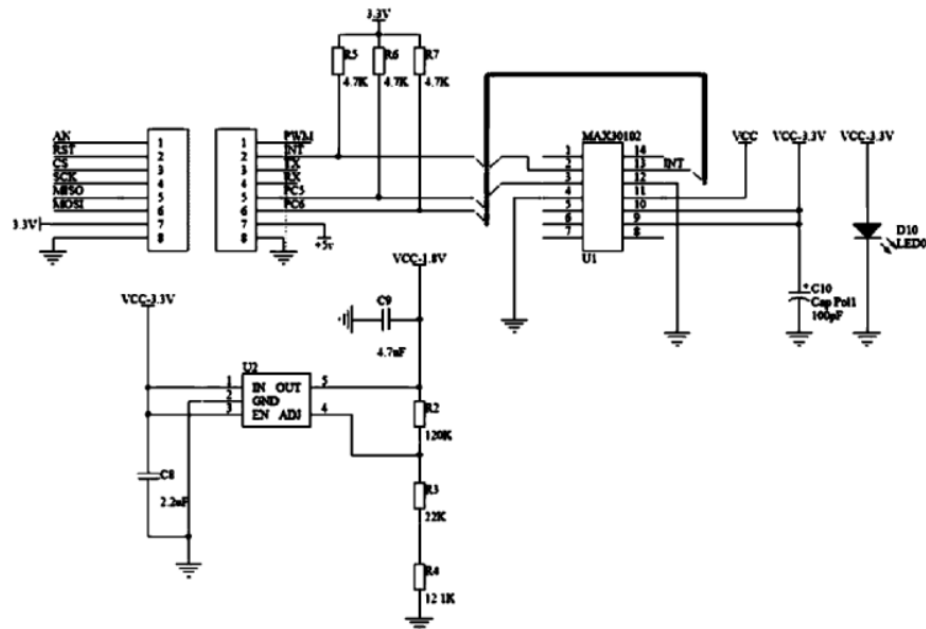


Рисунок 3.8 – Датчик насиченості крові киснем

Для моніторингу показників артеріального тиску застосовано датчик LWP5003GD. Як показано на рисунку 3.9, в цьому варіанті датчик LWP5003GD за допомогою оригінальної структури, інтегрує високоточний датчик температури. Використання унікального алгоритму температурної компенсації дозволяє реалізувати вимірювання температури і артеріального тиску.

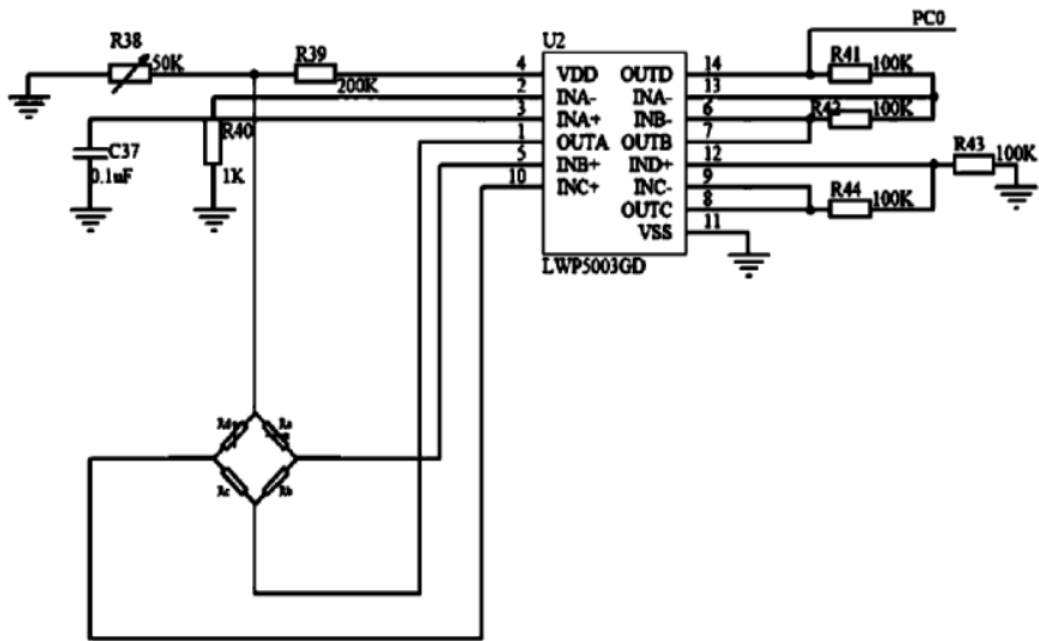


Рисунок 3.9 – Датчик артеріального тиску

Датчик венозного кров'яного тиску MPS1100 показаний на рис. 3.10, в використовує датчик тиску як чутливий елемент інтегрований у мікросхему цифрового перетворення для виконання цифрової компенсації зсуву, чутливості, температурного дрейфу і нелінійності перетворення. Цей пристрій, також може реєструвати частоту серцевих скорочень людини, оцінювати життєву ємність легень, температуру тіла та відобразити виміряні дані.

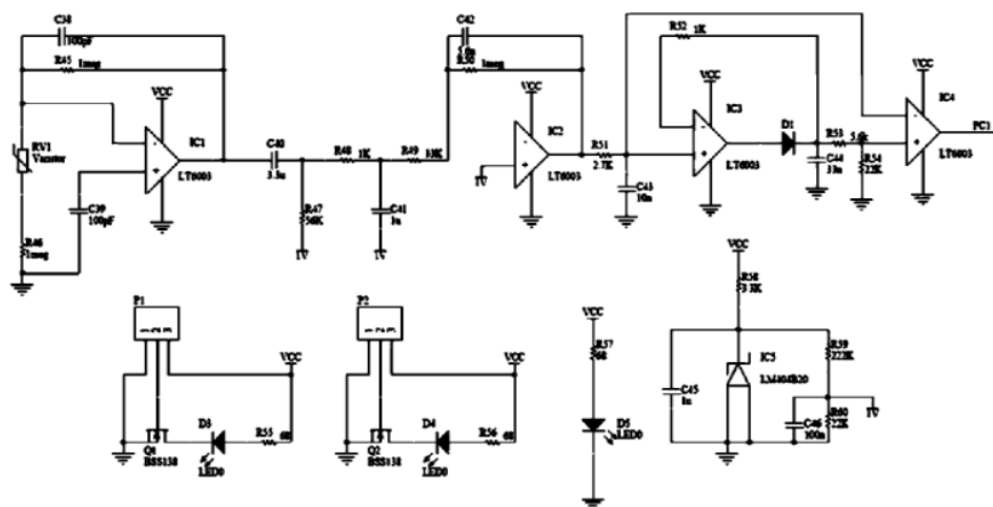


Рисунок 3.10 — Датчик венозного тиску

Функціональний стану людини – спортсмена в режимі реального часу відображають наступні показники:

- частота серцевих скорочень у режимі реального часу, діапазон вимірювання становить 20-200 ударів/хв, а точність становить $\pm 5\%$;
- відносний ступінь насичення крові киснем, діапазон виміру 0-100%, точність $\pm 5\%$;
- артеріальний тиск, діапазон вимірювання становить 0,7-1,05 кПа, а точність становить $\pm 2\%$;
- венозний тиск, діапазон вимірювання становить 0,4-1,2 кПа, а точність становить $\pm 3\%$;
- температура тіла людини, діапазон виміру становить 26,0-43,5 °С, а точність становить $\pm 1\%$.

Для використання пристрою в різних видах спорту діапазони вимірювання можуть бути додатково відрегульовані відповідно до реальної ситуації.

Висновки за розділом.

Підсистема пульсометричного контролю дозволяє реєструвати і відображати безпосередньо поточні показники частоти серцевих скорочень, ступінь насиченості крові киснем, оціночні показники артеріального і венозного тиску, локальної температури шкірного покриву.

Підсистема має вбудований модуль Bluetooth, за допомогою якого поточна інформація передається до базового комп'ютера відображається на екрані монітора і доступна для спостереження самим спортсменом, фаховим лікарем або тренером. Показники фіксується до коригувального впливу і після нього. Це дає можливість оцінювати ефективність відновлювальних фізіотерапевтичних заходів.

За даними збереженої ритмограми є можливість розширити діагностику шляхом розрахунку показників варіабельності серцевого ритму.

4 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

4.1 Особливості застосування лазерної пунктури

Як було зазначено у другому розділі для корегувального терапевтичного впливу обрану метод лазерної акупунктури. Цей метод має розгалужену апаратну реалізацію і відпрацьовані методики цільового використання.

Лазеропунктура - це один з новітніх і унікальних методів фізіотерапевтичного лікування, завдяки якому відбувається вплив на акупунктурні точки лазером [19]. При цьому, лазер діє без порушення цілісності шкіри пацієнта (не виконується прокол шкіри голкою). Відсутність пошкоджень шкіри виключає ймовірність інфікування, яка існує при традиційній голкорексотерапії. Тому, метод рекомендують особам з ослабленим імунітетом, у тому числі особам зі схильністю до алергічних реакцій.

Лазерна акупунктура - один з методів лазерної терапії, який замінює в традиційній методиці китайської акупунктури голки. При цьому, низькоінтенсивне лазерне світло є не тільки дуже зручною заміною традиційних голок і досить складною маніпуляційної техніки їх використання, але і більш ефективним інструментом. Найбільш оптимальним для лазерної акупунктури є використання лазерного світла з довжиною хвилі 635 нм (червоний спектр), потужністю не більше 2-3 мВт на виході світловода або спеціальної насадки діаметром не більше 1-1,5 мм. При цьому, експозиція повинна вкладатися строго в діапазон 20-40 с для корпоральних точок і 5-10 с - для аурикулярних. Вплив на точки акупунктури проводиться послідовно відповідно до рецепта, на курс не більше 10-12 щоденних процедур.

Результати лікування цими методами суттєво залежать від точності визначення знаходження БАТ та обрання фактору впливу. Просторове положення точок зазвичай не співпадає з анатомічною локацією пов'язаних з

ними органів і систем. Узагальнене розташування БАТ наводиться у багатьох посібниках і атласах по акупунктурі [22], (рис. 4.1).

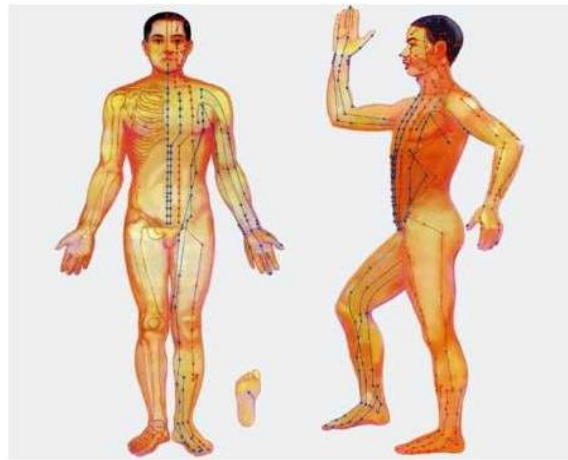


Рисунок 4.1 – Анатомічне розташування біологічно-активних точок [3]

У цих же інформаційних джерелах надано зв'язок певної БАТ з функціонуванням органу, системи, наявністю захворювань.

Але кожній людині притаманні індивідуальні особливості, які впливають на розташування, форму та розміри цих точок [23]. Ще більшу вагу має обрання фізичного чинника дії на БАТ, який викликає найбільший лікувальний ефект. Наведені обставини призводять до того, що процес оволодіння лікарями різновидами методів акупунктури потребує тривалого практичного досвіду і використання різних за принципом дії технічних засобів.

Поєднуючи в собі біо- і фотомеханічний вплив, лазер високої інтенсивності сприяє швидкій регенерації тканин і є сильним анальгетичним засобом, який має негайну дію і не викликає звикання. Особлива довжина фотомеханічної хвилі діє на вільні нервові закінчення, стримуючи проходження больових сигналів нервовою системою. Лазерне випромінювання, завдяки його взаємозв'язку і монохромності, можна точно регулювати, спрогнозувавши вплив процедури на організм. Висока потужність забезпечує гранично можливе за глибиною проникнення енергії, що гарантує отримання необхідної дози тканинами при проведенні процедури лазеропунктури.

Щоб зменшити втрати лазерного випромінювання, використовують контактне розташування світловода (він безпосередньо торкається шкіри) з періодичним натисканням на нього і переміщенням його по тілу.

Основні медичні ефекти від лазеропунктури:

- полегшення болю вже після першого сеансу;
- міорелаксація;
- зменшення набряклості;
- поліпшення мікроциркуляції та лімфодренажу в зонах впливу - прискорення всіх обмінних процесів;
- ефект прискореного загоєння і відновлення (дозволяє максимально швидко відновити розриви м'язів).

Особливості та переваги методик лазерної акупунктури:

- висока ефективність;
- мала зона впливу (діаметр - 1 мм);
- виняткова простота застосування;
- неінвазивність, асептичність, комфортність;
- можливість використання лікарями усіх спеціальностей;
- точне дозування впливу;
- мінімальний час, необхідний для проведення процедури;
- контроль спрямованості рефлекторної реакції;
- неспецифічний характер активації рецепторних структур;
- можливість комбінування методу з будь-якими видами лікування.

Найбільш поширені показання для застосування лазеропунктури - лікування захворювань опорно-рухового апарату (в т.ч. в гострій формі), реабілітація після операцій і травм, неврологія, дерматологія, ортопедія і спортивна медицина.

4.1.1 Глибина проникнення випромінювання в біотканини

Характер зміни глибини проникнення лазерного випромінювання (ЛВ) в біотканини шкірного покриву залежить від типу випромінювача. За основу був

обраний лазерний терапевтичний апарат «Ліка терапевт М» та випромінювач, який використовується у апараті МІТ-МТ [14,15]. Довжина хвилі випромінювача у лазерному апараті «Ліка терапевт М» дорівнює 660 нм, а у апараті МІТ-МТ для довжина хвилі дорівнює 460 нм.

Формулу для розрахунку було обрано згідно до закону Бугера-Бера [24], нижче приведена формула за якою розраховується інтенсивність колімованого випромінювання:

$$I(z) = (1 - r) \cdot I_0 \cdot \exp(-\mu_t \cdot z) \quad (4.1)$$

де $r = [(n - 1)/(n + 1)]^2$ – коефіцієнт відбиття, n – заломлення біологічної тканини, I_0 – інтенсивність падаючого світла, $\mu_t = \mu_a + \mu_s$ – коефіцієнт загасання, μ_a – коефіцієнт поглинання, μ_s – коефіцієнт розсіювання, z – товщина зразка.

Враховуючи, що $I = P/S$, де P – потужність випромінювання, а S – площа ділянки та об'єднавши їх з товщиною біологічної тканини отримуємо таку формулу, якою буде обчислена залежність потужності випромінювання від товщини біологічної тканини через яку проходить лазерний промінь:

$$P(z) = (1 - r) \cdot P \cdot \exp(-\mu_t \cdot z) \quad (4.2)$$

Для зразків з більшою товщиною за середню довжину пробігу, вводиться корегуюча складова, тому формула (4.2) має наступний вигляд:

$$P(z) = (1 - r) \cdot P \cdot \exp(-\mu_t \cdot z) \cdot (a \cdot \exp(b \cdot z)) \quad (4.3)$$

де a та b – це корегуючі коефіцієнти, які залежать від матеріалу зразка.

Проведемо оцінювання на прикладі напівпровідникового та неодимового випромінювача. Для цього беремо випромінювачі з лазерного терапевтичного апарату «Ліка терапевт М» з довжиною хвилі 660 нм, та відповідно з апарату «МІТ-МТ» випромінювачем з довжиною хвилі 460 нм.

Вимірювальним приладом було обрано оптичний ватметр поглинутої

потужності ОМЗ – 65, де основна похибка $< 15\%$. Дослідження глибини проникнення засноване на загасанні потужності зі збільшенням товщини біологічного зразка [24].

Спостереження зміни потужності лазерного випромінювання було на 5 зразках тканин товщиною від 1 до 5 мм. Вимірювання проводилось для значень потужності 900 мкВт для неодимового випромінювача та 1100 мкВт для напівпровідникового випромінювача в не модульованому (безперервному) режимі (рис. 4.2).

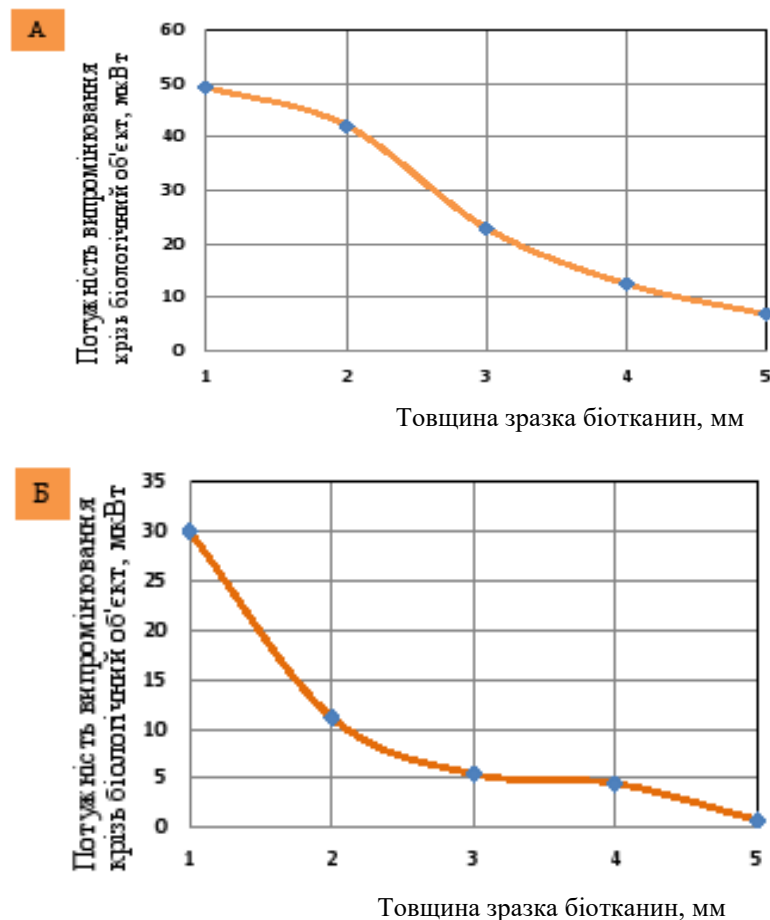


Рисунок 4.2 – Розраховані та експериментальні залежності потужності проникаючого випромінювання лазера (мкВт) від товщини зразка біотканин [26]; А – напівпровідниковий випромінювач; Б – неодимовий випромінювач.

На Рис. 4.2 представлені результати розрахунків у вигляді графіків залежності потужності випромінювання проникаючого, крізь біологічні тканини від їх товщини розраховані за формулою (4.3).

Затухання потужності ЛВ проходить майже лінійно, це можна бачити за результатами графіків. Для терапевтичного впливу, значення потужності - достатні, та можуть досягати глибини до 4 мм.

4.2 Лазерний терапевтичний апарат з системою зворотного зв'язку

На основі проведеного патентного пошуку, можна зробити висновок, що найбільш близьким технічним рішенням до розроблюваної підсистеми корекції функціонального стану спортсмена є лазерний терапевтичний апарат з системою зворотного зв'язку на основі оптичного ватметра [27].

Цей лазерний медичний апарат (Патент на корисну модель UA 97054, МПК А61N5/067, А61В 18/22, А61В 18/20, опубл. 25.02.2015, Бюл. 4), що має зв'язані між собою мікропроцесор керування, з'єднаний з перетворювачем, і оптичний блок, що має два випромінювачі, що генерують лазерне випромінювання відповідно в видимому і інфрачервоному діапазонах оптичного спектру, до дистального торця загального оптоволокна під'єднаний змінний інструмент з температурним сенсором.

Мікропроцесор оснащений блоками індикації і ручного регулювання, а перетворювач підключений до оптоволокна і виконаний у вигляді конічного розсіювача з дифузним відображенням стінок, який комутується з мікропроцесором за допомогою вбудованого в основу фотодіода, а температурний сенсор містить температурні датчики, закріплені в кінцевій частині оптоволокна в поперечній площині з можливістю кутового переміщення і вбудовані в роз'єм змінного інструменту та з'єднані з мікропроцесором [27].

Оскільки, потужність лазерного випромінювання являється основною дієвою компонентою комплексного впливу на об'єктивні показники життєдіяльності біологічних тканин, а також біологічно активних точок, то в даному апараті застосований сенсор з вимірювачем потужності доз лазерного випромінювання. Пристрій порівняння дійсних значень доз лазерного випромінювання з заданими показниками потужності лазерного

випромінювання гарантує безпеку пацієнта в зоні дії випромінювання та об'єктивно забезпечує оцінку впливу лазерного випромінювання на біологічні тканини (БТ) пацієнта.

На рисунку 4.3 зображена функціональна схема обраного апарату, з робочим наконечником з температурними та вимірювальними сенсорами.

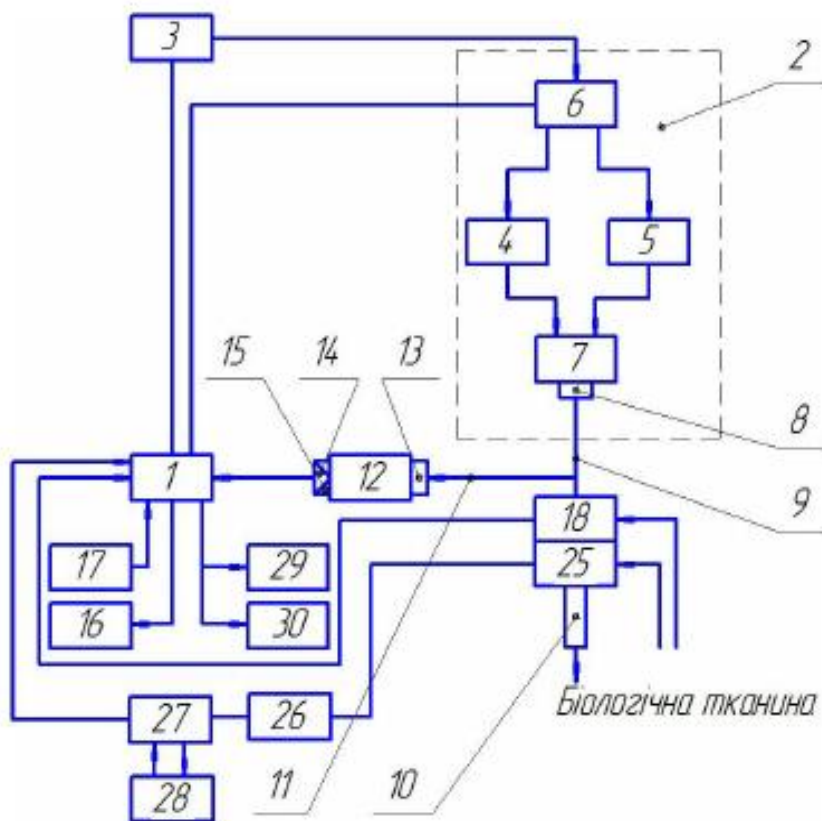


Рисунок 4.3 – Функціональна схема лазерного терапевтичного апарату (Патент №115057): 1 – мікропроцесор; 2 – оптичний блок; 3 – блок живлення; 4,5 лазерні випромінювачі; 6 – блок буферного керування; 7 – волоконно-оптичний перетворювач; 8 – оптичний роз'єм; 9 – оптоволокну; 10 – лазерний інструмент; 11 – відвід; 12 – перетворювач; 13 – цанговий затискач; 14 – фотодіод (приймач); 15 – тримач; 16 – блок індикації; 17 – блок ручного керування; 18 – температурний сенсор; 25 – сенсор вимірювача потужності доз лазерного випромінювання (ДЛВ); 26 – вимірювача потужності доз лазерного випромінювання; 27 – пристрій порівняння; 28 – задатчик потужності лазерного випромінювання; 29 – світловий сигналізатор; 30 – звуковий сигналізатор.

Лазерний медкотерапевтичний апарат містить мікропроцесор 1 керування і оптичний блок 2, підключені до блоку 3 живлення. Оптичний блок 2 включає два лазерних випромінювачі 4 і 5, виконаних у вигляді напівпровідникових лазерних діодів, генеруючих випромінювання відповідно у видимому діапазоні (0,53-0,67 мкм) і в інфрачервоному діапазоні (0,97-1,56 мкм) довжин хвиль.

Таким чином, запропонований апарат, дозволяє підвищити об'єктивність і точність контролю доз лазерного випромінювання (ДЛВ) та ефективність терапевтичного та оперативного впливу на біологічні тканини пацієнтів з забезпеченням гарантованої безпеки пацієнта.

Висновки до розділу.

У якості коригувальної рефлексотерапії обрані метод та засіб лазерної пунктури – впливу на біологічно активні точки лазерним випромінюванням (ЛВ).

Оцінювання глибини проникнення ЛВ на основі закону Бугера-Бера з використанням уточнюючої складової відносно товщини зразка є прийнятною для практичного застосування та порівняння з класичною акупунктурою.

Випромінювач з довжиною хвилі 0,63 мкм показує значно кращу глибину проникнення ЛВ в кожен з досліджуваних зразків порівняно з неодимовим випромінювачем з довжиною хвилі 0,46 мкм. Також випромінювання з довжиною хвилі 0,63 мкм втрачає значно менше потужності на межі розділу повітря – біологічна тканина.

Найбільш близьким технічним рішенням до розроблюваної підсистеми корекції функціонального стану спортсмена є лазерний терапевтичний апарат з системою зворотного зв'язку на основі оптичного ватметра. Пристрій порівняння дійсних значень доз лазерного випромінювання з заданими показниками потужності лазерного випромінювання гарантує безпеку пацієнта в зоні дії випромінювання та об'єктивно забезпечує оцінку впливу лазерного випромінювання на біологічні тканини (БТ) пацієнта.

ВИСНОВКИ

Запропонована загальна структура біотехнічної системи (БТС) контролю та корекції функціонального стану спортсменів.

Розроблений алгоритм роботи біотехнічної системи, в який можуть бути вбудовані практично в усі сучасні апаратні засоби діагностики та фізіотерапії.

Проведено аналіз використання в БТС електрокардіографічного комплексу «Кардіолаб» виробництва ХАІ Медика та засобів фотоплетизмографічної діагностики для моніторингу основних медико – біологічних показників серцево-судинної системи спортсмена. Віддано перевагу фотоплетизмографічним засобам в порівнянні з реєстрацією ЕКГ біопотенціалів. Цей вибір забезпечує відсутність гальванічного контакту між датчиком та периферійною електричною системою, що дозволяє підвищити електробезпечність застосування технічних засобів і здійснювати вимірювання з довільної точки системи кровообігу, а також одночасно визначати ступінь оксигенації крові спортсмена в різних режимах навантаження та відновлення.

У якості фактору впливу для корекції функціонального стану спортсмена обрані засоби лазерної рефлексотерапії. Стимуляція активних точок за допомогою лазерного випромінювання сприяє покращенню кровообігу, зняттю м'язової напруги, зменшенню запалення та активізації процесів регенерації в тканинах. Такий вплив є потенційно перспективним для спортсменів відновлюватися після тренувань та змагань швидше і ефективніше.

Виконані основні схемотехнічні рішення по розробці пристрою пульсометричного контролю для БТС. У якості основних елементів використані: сенсорний модуль MAX30102, мікроконтролер STM32F103C8T6, модуль Bluetooth HM-10.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Чухланцева, Н. В. Технології підвищення спортивної майстерності для студентів спеціальності 017 фізична культура і спорт денної та заочної форм навчання : навч. посібн. / Чухланцева Н. В. –Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 226с.
2. Корягина, Ю. В. Медико-биологические средства повышения работоспособности и восстановления спортсменов / Ю. В. Корягина, Л. Г. Рогулева, Т. П. Замчий, К. С. Зайцев // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 – 8. – С. 1753–1757.
3. Современные средства повышения и восстановления физической работоспособности спортсменов. Монография / Т.М. Брук [и др.]. – Смоленск: СГАФКСТ, 2009. – 172 с.
4. Проблема відновлення спортивної працездатності https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%B5%D0%BB%20%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%8E%D0%BA%201/page11.htm (дата звернення 04.09.2023)
5. Мустецов Т. М. Теорія біотехнічних систем : навчальний посібник / Т. М. Мустецов, А. С. Нечипоренко. –Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. – 188 с.
6. Біотехнічні системи: теорія і проектування / під ред. В. М. Ахутіна. Л.: Видавництво ЛДУ, 1981. 204 с.
7. Біотехнічна система нормалізації функціонального стану людини : Автореф. дис... канд. техн. наук / В. О. Ярута; Харк. нац. й ун-т радіоелектрон. - Х., 2006. - 21 с.
8. Салабаш О. Ю. Аналіз стану сучасних технологій управління складними біотехнічними об'єктами ергатичного типу та узагальнення побудови структури біотехнічних систем / О. Ю. Салабаш // Матеріали XXI наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету, 23-31 травня. Одеса: ОДЕКУ. 2022. – С. 26 – 27.

9. Методи і засоби для визначення функціонального стану спортсменів-багатоборців / С. М. Злепко, М. В. Московко, С. В. Тимчик, С. В. Костішин. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2017. – 176 с. – ISBN 978-617-7237-31-9.

10. Олійник, В. П. Розробка загальної структури біотехнічної системи нормалізації фізіологічного стану людини / В. П. Олійник, О. М. Зінченко, О.О. Маменчук // The 27th International scientific and practical conference “Trends of young scientists regarding the development of science” (July 11 – 14, 2023) Edmonton, Canada. International Science Group. 2023. 225 p., 2023. – С. 216 – 221. ISBN – 979-8-89074-573-6. DOI – 10.46299/ISG.2023.1.27

11. Виробник медичного обладнання ХАІ-МЕДИКА <https://xai-medica.com/ua/articles.html> (дата звернення 04.09.2023)

12. CMS50F Wristband Pulse Oximeter with Software, CMS-50F: веб-сайт.URL: <https://www.pulseoximeter.org/cms50f.html> (дата звернення 10.09.2023)

13. PULSE OXIMETER SENSOR: пат. 17300037 США: МПК А615 5/145, А615 5/00. № 2022012535; заявл. 19.02.21; опубл. 28.04.22 (дата звернення 07.10.2023)

14. MAX30102 High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health: веб-сайт.URL: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30102.pdf> (дата звернення 07.10.2023)

15. Пат. 117385 UA, МПК А61F 9/00, А61N 1/00, А61Н 5/00. Стимуляційно-діагностичні окуляри для низькоінтенсивної світлової стимуляції [Текст] / С. В. Тимчик, М. В. Бачинський, С. В. Костішин, К. С. Навроцька, О. С. Коваленко (Україна). - № u 2017 00091 ; заявл. 03.01.2017 ; опубл. 26.06.2017, Бюл. № 12. - 5 с.

16.Апарати лазерні терапевтичні «Матрикс» <https://dmed.uaprom.net/ua/p550062867-apparat-lazernoj-terapii.html> (дата звернення 12.10.2023)

- 17.Терапевтичні лазерні апарати "ЛАЗМИК®"
<https://ua.all.biz/uk/terapevtychni-lazerni-aparaty-lazmyk-g1205643> (дата звернення 12.10.2023)
18. Correction of posture disorders with sport and ballroom dancing April 2020
 Medicni perspektivi 25(1):174-184 DOI:10.26641/2307-0404.2020.1.200418
19. How MAX30102 Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor Works and how to Interface it with Arduino: веб-сайт.URL: <https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/how-max30102-pulse-oximeter-and-heart-rate-sensor-works-and-how-to-interface-with-arduino> (дата звернення 10.10.2023)
20. STM32F103 32-разрядное ядро Cortex-M3: веб-сайт.URL: <https://datasheetspdf.com/datasheet/STM32F103C8.html> (дата звернення 30.09.2023)
21. HM-10 BLE 4.0 Bluetooth Module: веб-сайт.URL: <https://5.imimg.com/data5/JB/ZR/TR/SELLER-1833510/hm-10-ble-4-0-bluetooth-module.pdf> (дата звернення 12.09.2023)
22. Лао Минь. Восточная медицина. Атлас исцеляющих точек. 2021. – 48 с. ISBN 978-5-17-137195-1
23. Oliinyk, V. P., Voloshyn, Y. A., Zinchenko, O. M, Kulish, S. M, Oliinyk, V. M. (2023). Utilization of gas discharge in alternating current for the detection and stimulation of biologically active points. Biomedical Engineering and Technology Issue 11(3), 2023. 45–55. doi: <https://doi.org/10.20535/2617-8974.2023.11.288113>
24. Швидкий В.В., Терещенко М.Ф., Методи контролю зміни параметрів лазерного випромінювання в біологічних тканинах / АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ // Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції 7-8 грудня 2017 р. / Україна, м. Харків, 2017, НТУ «ХПІ» .- 252 с. С 93 – 94.
25. Швидкий В.В., Терещенко М. Ф. Динаміка змін параметрів лазерного випромінювання в біологічних тканинах //ВісникНТУУ«КПІ».Серія приладобудування. – 2017.– Вип. 54(2)/ 2017 ,– С.111-117.
26. Швидкий В. В., Терещенко М. Ф., Чухраєв М.В., Яковенко І.О., Аналіз

глибини проникнення та розсіювання лазерного випромінювання різних типів випромінювачів /Лазерна хірургія. Матеріали науково-практичної конференції «Лазерні технології в клінічній медицині: сучасні тенденції розвитку в Україні» / укл. В.В. Холін, А.В. Корунець. – Черкаси:Вертикаль. Видавець С.Г. Кандич, 2018.- 298 с. іл.– С. 284-288.

27. Патент України № 115057 опубл. в бюл. № 6, 2017 р. 27.03.2017 р Заявка № u201611878 від 23.11.2016 р Лазерний медикотерапевтичний апарат. Терещенко М. Ф., Швидкий В. В., Кравченко А. Ю., Паткевич О. І., Басюк М. П. Патент України № 124608 опубл. в бюл. № 7, 2018 р. 10.04.2018 р Заявка № u201712340 від 13.12.2017 р Лазерний терапевтичний апарат. Терещенко М.Ф., Швидкий В.В., Чухраев М.В., Паткевич О.І., Шевченко В.В.

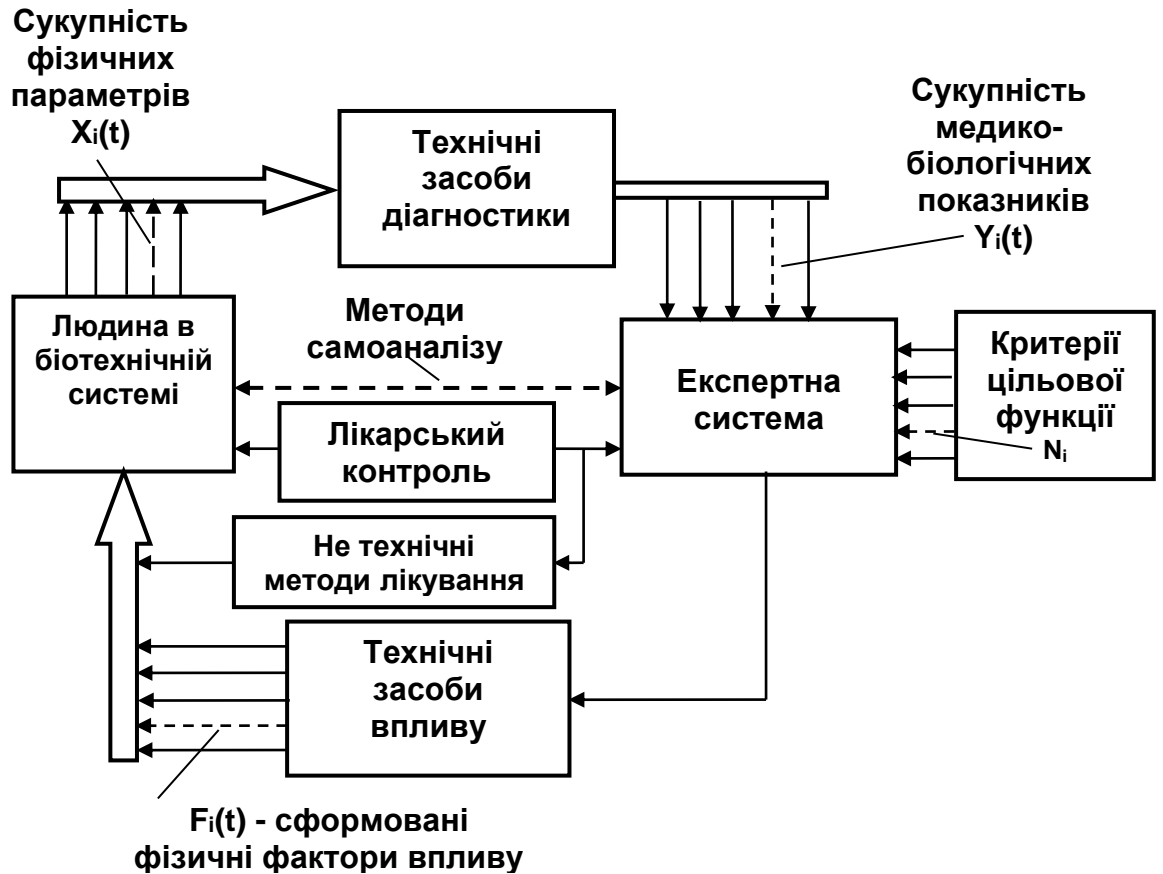
ДОДАТОК А

Різновиди медико-біологічних засобів відновлення функціонального стану спортсменів

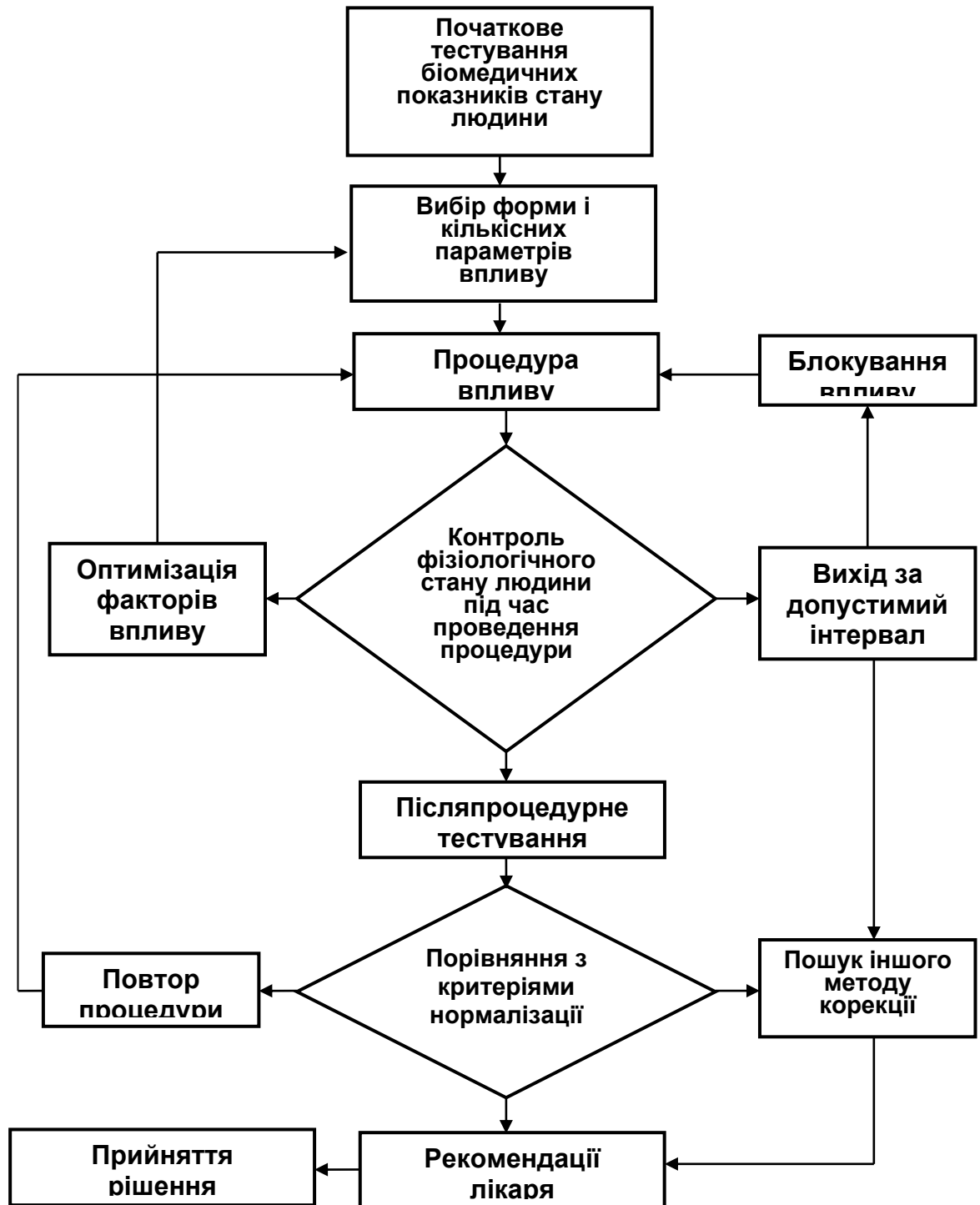
Медико-біологічні засоби відновлення			
Гігієнічні	Фізичні	Харчові	Фармакологічні
Раціональний і стабільний розпорядок дня	Масаж – загальний, локальний, вібро-, пневмо-, гідро- та ін.	Збалансованість за енергетичною цінністю	Речовини, що сприяють відновленню запасів енергії та підвищують стійкість організму до умов стресу
Повноцінний відпочинок і сон	Сухо повітряна (сауна) і парна лазня	Збалансованість за складом (білки, жири, вуглеводи ...)	Препарати пластичної дії
Відповідність спортивного одягу та інвентарю завданням і умовам підготовки та змагань	Гідро процедури: душі (дощовий, голковий, циркулярний, струменевий)	Відповідність характеру і величині навантажень	Речовини, що стимулюють функцію кровотворення
Стан та обладнання спортивних споруд	Електропроцедури: електрофорез, міостимуляція, аероіонізація, електропунктура, діатермія та ін..	Відповідність кліматичним і погодним умовам	Вітаміни та мінеральні речовини
	Світлове, лазерне опромінення: широкосмугове, інфрачервоне, ультрафіолетове.		Адаптогени рослинного походження, тваринного походження,
	Гіпероксія		Зігріваючі, обезболюючі, протизапальні препарати
	Магнітотерапія, ультразвукова терапія, фонофорез		

ДОДАТОК Б

Структура біотехнічної медичної системи контролю та корекції
функціонального стану спортсмена

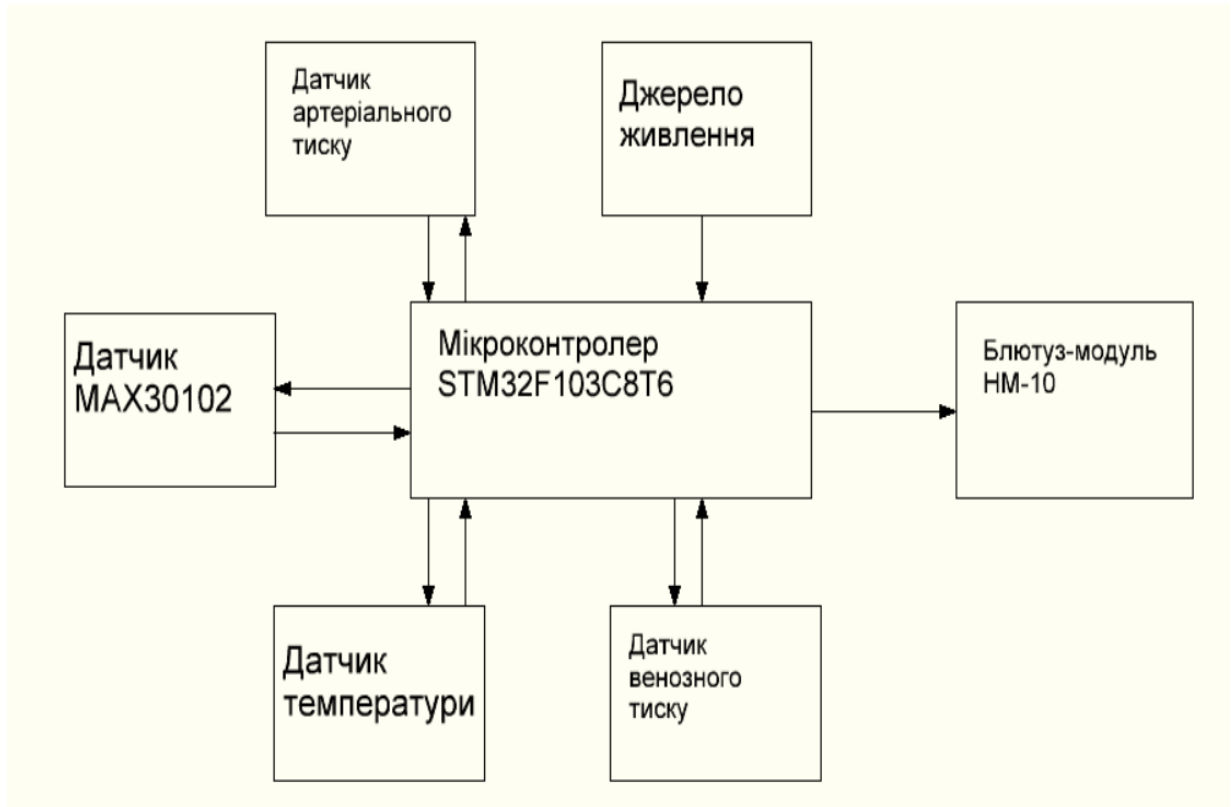


ДОДАТОК В

Алгоритм роботи медичної системи контролю та корекції
функціонального стану спортсмена

ДОДАТОК Г

Функціональна схема підсистеми пульсометричного контролю



Реєстрація базових і додаткових показників функціонального стану спортсменів

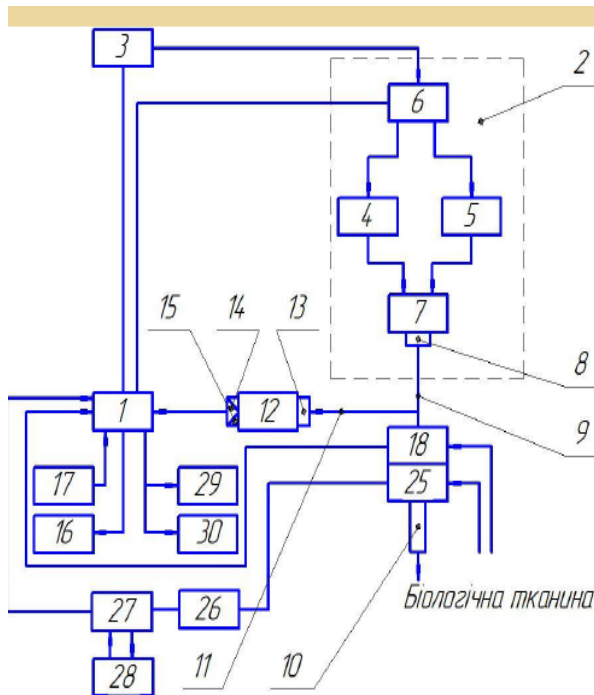
ДОДАТОК Г

Технічні характеристики лазерних терапевтичних приладів

Назва	Технічні характеристики										
	Тип лазера	Довжина хвилі	Потужність	Режими роботи лазера	Область сканування (діаметр викор. волокон)	Глибина впливу	Час імпульсу	Частота	Живлення	Розміри	Вага
Фракційний CO2 лазер SMAXE1 з інноваційною технологією LVR для естетичної гінекології	CO2	1060нм	40Вт	Fractional, continuous CW, Normal Pulse, Ultra Pulse, Super Pulse	від 2х2мм до 20х20мм	1-5			230В	43х48х124см	45кг
Ліодіодний лазер для хірургії естетичної і стоматології DR.DIOS	Ліодіодний	808нм 650нм 405нм	15Вт 100мВт 20мВт	Постійний (CW) Імпульсний	200мм 400мм 600мм 1000мм		1-900мс	1-10Гц	220В	50х80х170см	15кг
ISBMeDioStar NeXT PRO Family	Напівпровідниковий діод	810нм 940нм 755нм	2400Вт		9.1, 3.0, 1.4, 0.48 см ² 0.12 см ²		8-400мс	До 12Гц	220В	36.5х56х46.5см	12 кг
BTL-5110 Laser		0.1-100 Дж/см ²	2400Вт	Неперервний імпульсний	0.1-100см ²			0-10 Гц	230В, 115В 50-60Гц	230х390х260мм	4.7-5.3кг
Неодіодний лазер TL-500	YAG Q-switched Laser	532нм 1064нм	300-500Вт		1-8мм		3.5мс	1-10Гц	110-220В	230х390х260мм	4.9кг
Excilite-M	Ексцимер XeCl	308нм			50х60мм		5-90сек		220В	24х38х50 см	18.5 кг
Ербієвий лазер Er-Las 1550 nm	Оптоволоконний ербієвий лазер	1550нм	1200Вт		20х20мм			1-10Гц	110В/60Гц 220/50Гц	670х350х890мм	30кг
Ліка-терапевт М		405-810 нм	50-250 мВт				1 с - 99 хв 59с	0,1-99,9 Гц	220 В	245х140х75 мм	1.5 кг

ДОДАТОК Е

Структурна схема підсистеми рефлексотерапії



1 – мікропроцесор; 2 – оптичний блок; 3 – блок живлення; 4,5 – лазерні випромінювачі; 6 – блок буферного керування; 7 – волоконно-оптичний перетворювач; 8 – оптичний роз'єм; 9 – оптоволокно; 10 – лазерний інструмент; 11 – відвід; 12 – перетворювач; 13 – цанговий записач; 14 – фотодіод (приймач); 15 – тримач; 16 – блок індикації; 17 – блок ручного керування; 18 – температурний сенсор; 25- сенсор вимірювача потужності доз лазерного випромінювання (ДЛВ); 26 - вимірювача потужності доз лазерного випромінювання; 27 – пристрій порівняння; 28 – задатчик потужності лазерного випромінювання; 29 - світловий сигналізатор; 30 – звуковий сигналізатор.