

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра фізичної реабілітації, спортивної медицини,  
фізичного виховання і здоров'я

**Біомеханіка і клінічна кінезіологія**

**Тема 3. АПАРАТУРНІ КОМПЛЕКСИ ТА ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ**  
**БІОМЕХАНІКИ**

Методичні рекомендації для самостійної роботи  
студентів III курсу медичних факультетів  
спеціальності «Фізична терапія, ерготерапія»

Запоріжжя

2019

***Затверджено:***

на засіданні кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ протокол № 1 від 29.08.2019 р.

на ЦМР ЗДМУ протокол № від р.

***Автори:***

***Дорошенко Е.Ю.***, доктор наук з фізичного виховання та спорту, професор кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ;

***Гурсьва А.М.***, кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ;

***Черненко О.Є.***, кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент кафедри фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я ЗДМУ

Методичні рекомендації призначені для студентів, які навчаються за спеціальністю 227 «Фізична терапія, ерготерапія» ЗВО МОЗ України для допомоги у вивченні окремих питань біомеханіки та клінічної кінезіології, які віднесено до самостійної роботи згідно типової та робочої програм, в рамках підготовки до практичних занять та кращого засвоєння навчального матеріалу.

*Актуальність теми.* Рух тіла вважають вивченим лише тоді, коли відомий спосіб визначення положення цього тіла у будь-який момент досліджуваного проміжку часу. Для проведення біомеханічних досліджень використовують різні методи реєстрації рухів і положень тіла.

### **Зміст.**

1. Загальна структура вимірювальних систем.
2. Основні типи датчиків, що сприймають інформацію, та їх
3. характеристика.
4. Методи реєстрації рухів.
5. Класифікаційних розподіл інструментального обладнання.
6. Метод електротензодинамометрії.
7. Метод стабілографії.
8. Методи міотонографії та електроміографії.
9. Метод акселерометрії.
10. Метод гоміометрії.
11. Особливості безконтактних методів контролю.

### **Список рекомендованої літератури**

#### *Основна:*

1. Андреева Р. Біомеханіка і основи метрології: навчально-методичний посібник / для здобувачів ступеню вищої освіти «бакалавр» денної та заочної форм навчання спеціальностей 6.010201. Фізичне виховання, 6.010202. Спорт, 6.010203. Здоров'я людини // Р. Андреева. – Херсон: ПП Вишемирський В. С., 2015. – 224 с.
2. Соколова О.В. Біомеханіка: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання» і «Спорт» / О.В. Соколова, Г.А. Омеляненко, В.О. Тищенко. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2017. – 96 с.

*Допоміжна:*

1. Інструментальні методи контролю у фізичному вихованні і спорті. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/2040537/>
2. Кедровський Б.Г., Матвійв В.І., Маляренко І.В., Степанюк С.І. Інструментальні методи контролю. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 7.010103. ПМСО. Фізична культура. Спеціалізація: методика спортивно-масової роботи, туристична робота. – Херсон: Видавництво ХДПУ, 2002. – 40 с.

***Основні терміни теми:***

**Міотонографія** – це реєстрація та аналіз біомеханічних якостей скелетних м'язів людини.

**Акселерометрія** (від лат. *Accelero* - прискорюю) - це методика, котра дозволяє вимірювати прискорення загального центру мас (ЗЦМ) тіла людини та окремих його біоланок при виконанні рухів.

**Гоніометрія** (від грецьк. *гопіа* – кут) – це метод реєстрації кутових переміщень у суглобах.

**Стабілографія** – реєстрація коливань тіла людини в положенні стоячи.

**Електроміографія** – це метод вивчення біоелектричної активності скелетних м'язів.

**Електрокардіограма** – це запис електричної активності (деполяризації, реполяризації) серця, зареєстрованої за допомогою електрокардіографа.

**Електроенцефалографія** – метод реєстрації електричної активності (біопотенціалів) мозкової тканини з метою об'єктивної оцінки функціонального стану головного мозку.

## **1. Загальна структура вимірювальних систем.**

### **Інструментальні методи контролю.**

У практиці вивчення рухових дій людини використовуються **візуальні та інструментальні методи контролю.**

При *візуальних методах контролю* фахівці, науковці, тренери, спортсмени, спостерігачі за переміщеннями тіла людини отримують переважно якісне уявлення про її рухи. Результат візуальної оцінки здебільшого є суб'єктивним, не оснований на чітких критеріях, його важко використати для порівняльного аналізу.

*Інструментальні методи контролю* є більш об'єктивними. За їх допомогою отримують кількісну оцінку характеристик та показників рухових дій людини, а також можливих змін, що відбуваються у її організмі під час тієї чи іншої рухової діяльності. Нині у біомеханіці для цього використовуються методики, прийоми, котрі запозичені з багатьох галузей знань.

*Для підвищення точності інструментальних методів* вимірювання біомеханічних характеристик рухів залучаються в останні досягнення інженерної думки - радіотелеметрія, лазерна техніка, радіоізотопи, інфрачервона техніка, ультразвук, ЕОМ, телебачення, відеотехніка тощо.

Інструментальні методи контролю переміщень тіла людини методично зручно поділити на дві групи :

- ✓ контактні;
- ✓ безконтактні,

хоча на практиці вони часто застосовуються комплексі, доповнюючи один одного.

В *оптичних та оптико-електронних методах контролю* інформація передається на реєструючій пристрій променем світла або тепловим випромінюванням.

У *механоелектричних методах* вона передається електричними сигналами по проводах або радіохвилями. Ці метод основані на перетворенні вимірюваної якимось чином фізичної величини, що об'єктивно відбиває певні якості рухів людини, в електричний сигнал (оскільки електрика є універсальним засобом передачі енергії та інформації) з наступним вимірюванням та реєстрацією.

Основою інструментальних методів контролю є **вимірювальні системи**.

На рисунку 1 показано типову схему вимірювальної системи, що застосовується у біомеханіці, на рисунку 2 – класифікацію інструментальних методів.

Блок-схема складається з блоків рис. 1.



**Рис. 1. Функціональна блок-схема вимірювальної системи:**

*C – об'єкт вимірювання*

*1 - сприйняття вимірювальної величини;*

*2 - перетворення вимірювальної інформації;*

*3 - розрахункові операції;*

*4 – передача вимірювальної інформації;*

*5 – відображення, аналіз та збереження інформації.*

**Блок 1** – об'єкт вимірювання (звичайно це організм людини або окремі точки, системи точок, біоланки), котрий виконує будь-які рухові дії.

**Блок 2** - пристрій, що сприймає вимірювану величину. Для цього використовується чутливий елемент засобу вимірювання - датчик. Він сприймає інформацію та передає її у наступний блок.

**Блок 3** - перетворювач. У ньому вимірювана величина перетворюється на електричну (гідравлічну, пневматичну) величину на основі фізичного закону про зв'язок між ними. Тут же відбувається посилення сигналу.

**Блок 4** – призначений для передачі електричного сигналу на відстань (по проводах або радіотелеметричним зв'язком).

**Блок 5** – призначений для обчислювальних операцій.



**Рис. 2. Класифікація інструментальних методів вимірювання кількісних характеристик рухів.**

Датчики можуть мати найрізноманітніші конструктивні особливості.

При вивченні рухів та інших змін в організмі людини найчастіше застосовуються:

- ✓ датчики контролю біоелектричних процесів;
- ✓ датчики біомеханічних величин.

До *датчиків біомеханічних процес* належать датчики відведення біопотенціалів серцевого м'яза та датчики відведення біопотенціалів скелетних м'язів.

Для реєстрації *біоелектричної активності* м'язів застосовуються спеціальні датчики або відповідні електроди, котрі дозволяють вловлювати зміни електричної напруги, виникнення, поширення та припинення процесів збудження працюючому м'язі. Розрізняють електроди, що застосовуються для локальної (окремі рухові одиниці - **РО**), стимуляційної та глобальної електроміографії (**ЕМГ**). Для локальної та стимуляційної ЕМГ застосовуються електроди з малою відвідною поверхнею (діаметр - 0,65 і менше) та найбільшою міжелектродною відстанню. Такий електрод вводиться у м'язову тканину і відводить коливання біопотенціалів й окремих волокон або РО. Для дослідження інтенсивних природи рухів, особливо спортивних, застосовуються

нашкірні електроди з великою поверхнею відведення (50 мм<sup>2</sup>). Ці електроди вловлюють сумарну різницю напруг на поверхні м'яза, що виникає при збудженні численних міоневральних закінчень.

**Датчики біомеханічних процесів** - тензорезистори - це вимірювальні перетворювачі малих деформацій на електричні сигнали, і дозволяють виміряти зусилля, котрі людина докладає до опори або наприклад, до спортивного снаряда. Величина механічної деформації проводових елементів цих датчиків є пропорційною величині електричного сигналу та силі впливу, що докладається до них. Таким чином, визначивши механічну деформацію цих датчиків, можна розрахувати докладену силу.

**Тензодатчики придатні** для вимірювання статичних, так і динамічних навантажень, їхня вхідна величина - переміщення малих деформацій, вихідна - зміна опору.

**Реостатні датчики** (гоніометри) використовуються для вимірювання кутів (амплітуд) руху у різних суглобах. Принцип дії реостатного датчика: його вхідна величина - кутове (лінійне) переміщення, вихідна величина зміни електричного опору.

**Акселерометри** - це датчики для вимірювання прискорень. В основі роботи такого датчика - зміна сили інерції, що виникає під час руху. Сила інерції, котра впливає на певну масу акселерометра, пропорційна прискоренню, що виникає. І величина вимірюється тензодатчиком, наклеєним на пружний силоримірювальний елемент, що здатний сприймати деформацію тільки в одній площині. Для реєстрації повного вектора прискорення (у трьох площинах) в одній конструкції монтують три однакових датчики та орієнтують їх перпендикулярно один до одного подібно до осей координат тривимірного простору.

Основною перевагою електричних методів вимірювання біомеханічних величин є оперативність отримання вимірюваних характеристик та можливість автоматизації розрахунку характеристик, що безпосередньо не вимірюються з використанням АОМ.



**Характеристика датчиків, що сприймають інформацію.** Основне призначення датчиків – сприйняття фізичних величин, які характеризують вимірювальні явища (наприклад рухи, які виконуються спортсменом). Найбільш поширеними є **слідуючі датчики**:

❖ **Фотодіоди** – вони використовуються у пристроях, за допомогою яких вимірюють час руху. Уявимо, що потрібно виміряти час пробігання кожного п'ятиметрового відрізка у бігу на 100 м. Для цього на доріжці стадіону через кожні 5 м встановлюють фотодіодні датчики (перший блок вимірювальної системи). Основу цих датчиків складає шар, який сприймає світловий потік (так званий *p-n* перехід). Під час пробігання спортсмена повз датчик змінюється світовий потік і зменшується освітленість поверхні. Коли датчик освітлений, то на його клеммах є електрична напруга, і при цьому зменшується його внутрішній опір. Як тільки тіло спортсмена зменшує світовий потік – внутрішній опір датчика збільшується, а електрична напруга знижується. Це і є сигнал (інформація), який сприймається датчиком і перетворюється у фізичні величини (напругу й опір). Такі сигнали з кожного фотодіода послідовно передаються в інші блоки вимірювальної системи, порівнюються з еталонами, обробляються й відображаються у вигляді часу (або швидкості) бігу.

Вхідна величина фотодіода – освітлення, вихідна – постійний електричний струм. Вони чутливі в діапазоні від 0 до 500 Гц і мають похибку 1-3%. Це один з недоліків фотодіодів, і цього необхідно враховувати при особливо точних вимірюваннях.

❖ **Реостатні датчики.** Вони використовуються в пристроях, за допомогою яких вимірюють амплітуду рухів у різних суглобах. Запропонуємо, наприклад, що потрібно виміряти зміну кута у колінному суглобі під час удару по м'ячу ногою. Для цього можна використати реостатний датчик (потенціометр), який прикріплюється на даний суглоб. Принцип дії реостатних датчиків заснований на тому, що омичний опір провідника **R** залежить від його довжини **L**, площі перетину **q** і питомого опору **p**:

$$R = \frac{\rho * L}{q}$$

При вимірюванні суглобного кута може змінюватись будь яка з трьох перемінних, що буде впливати на величину опору.

Зміна кута у колінному суглобі під час удару залежить від взаєморозміщення стегна і гомілки в ході руху. По цьому критерію може оцінюватись і техніка виконання удару.

Вхідна величина реостатного датчика – лінійне й кутове переміщення, вихідна – зміна опору. У цьому порівняно невеликі похибки, висока чуттєвість.

❖ **Тензорезистори.** Вони є чуттєвим елементом вимірювальної системи, за допомогою якої оцінюється динамічні показники рухів. Необхідність такої оцінки очевидна: швидкість бігу залежить від сили відштовхування (таким чином, тренер повинен її знати), дальність польоту м'яча – від сили удару).

Як же визначити, наприклад, силу відштовхування у бігу? Для цього спортсмен повинен бігти по доріжці, у яку вмонтовані чуттєві елементи – тензорезистори. Можна поступити інакше – прикріпити тензорезистори до підошви бігових туфель. Взаємодія спортсмена з доріжкою під час опорного періоду призведе до деформації і доріжки і взуття, і відповідно, до деформації тензорезистора. Величина цієї деформації пропорційна силі взаємодії. Таким чином, визначивши деформацію, можна розраховувати силу яка прикладається.

В основі тензорезисторів лежить той же самий фізичний принцип, що й реостатних датчиків: при розтягненні чи стисканні провідника змінюється його довжина, площа перетину, питомий опір.

Ці зміни залежать від вектора сили і в межах упругості матеріалу провідника пропорційні їй.

Існує такі типи тензорезисторів: *дротовий тензорезистор*, який виготовляється з константана. Це тонкий дріт який приклеюється у вигляді петель з паралельними нитями на пропитану паперову поверхню. Другий

різновид тензорезистора, це чуттєвий елемент, який виготовляється з фольги методом фотохімічного травлення (*фольговий резистор*).

Тензорезистори використовуються для вимірювання як статичних так і динамічних навантажень. Вхідна величина тензорезистора – переміщення, вихідна – зміна опору. Їх перевагою є те, що вони допускають малу похибку вимірювання, стійкість до вібрацій. Недоліками є необхідність міцного приклеювання і низька чуттєвість.

❖ **Акселерометри.** Використовують для виміру прискорень. В основі роботи такого датчика лежить вимірювання сили інерції, яка виникає під час руху. Сила інерції викликає відхилення маси акселерометра, яка прямопропорційна прискоренню. Це відхилення вимірюється тензорезистором чи п'єзоелектричним датчиком.

**Характеристика перетворювачів інформації.** На рис. 1. бачимо, що інформацію, яку отримує датчик, необхідно перетворити у величину, яка потрібна для наступного аналізу. Робиться це по багатьом причинах: дуже різноманітні вхідні величини (ті, що вимірюються); не для кожної з них є шкала міри; значні труднощі передачі вимірювань величини в її вихідному стані.

Перетворення здійснюється за допомогою пристроїв, на виході яких формується сигнал, зручний і необхідний для послідуочого аналізу. Наприклад, зміна довжини провідника, яке викликане дією сили, перетворюється в електричну напругу.

В процесі перетворення вимірювальної інформації відбувається і посилення сигналу, який сприймається датчиком.

**Розрахункові операції у вимірювальній системі.** Наступний блок вимірювальної системи здійснює обчислювальні операції. Так як вимірювання - це порівняння з еталонною нормою, сигнал який реєструється нормується у відповідності зі шкалою. При цьому використовують аналогові або дискретні методи обчислень.

*Аналогові методи* розрахунків основані на використанні операційних посилювачів, в яких здійснюються арифметичні операції.

*Дискретні методи* основані на використанні двох елементів, які можуть приймати тільки логічні значення «0» або «1».

**Передача вимірювальної інформації.** Для передачі результатів вимірювань використовують *телеметричні системи*. За їх допомогою вимірювальна інформація передається по дротах або за допомогою радіохвиль.

Провідна телеметрія використовується у більшості в лабораторних умовах; вона з'єднує блок перетворення і попередньої обробки інформації з блоком її відображення. Висока ступінь стійкості похибок провідної телеметрії, поєднується з суттєвим недоліком: дроти які йдуть від спортсмена, заважають його діям.

*Радіотелеметрія* позбавлена цього недоліку, оскільки результати вимірів передаються по радіо. Робиться це так: на спортсмені закріплюють датчики, посилювачі і перетворювачі інформації, радіопередавач і антену. Всі ці пристрої мають дуже компактний вигляд, і спортсмени практично їх не відчують.

Сигнали, які посилаються пристроєм приймаються блоком, який складається з антени і приймача. Тут відбувається відображення, зберігання і автоматична обробка результатів вимірювання.

**Відображення вимірювальної інформації.** Розрізняють дискретні і аналогові форми відображення результатів вимірювання.

*Аналогові прилади* використовують для безпосереднього відображення вимірювальної інформації, називають **самописцями**. За їх допомогою отримують наочні діаграмні записи, які дозволяють аналізувати динаміку процесу що реєструється. Найбільш широко використовують реєстри з безперервним записом. У них стрілка вимірювального пристрою міцно з'єднана з реєструючим механізмом. На кінці стрілки є перо з капілярним пристроєм, через яке подаються спеціальні чорнила.

В деяких випадках замість пера використовується сопло, через яке чорнила викидається під значним тиском. Можна також використовувати самописці з фотозаписом. У них світловий промінь проектується на фотоплівку,

яка рухається. Інертність променя невелика, і тому з його допомогою можна записувати високочастотні процеси, які більше всього зустрічаються у спортивних вимірюваннях.

Друга форма відображення вимірювальної інформації (*дискретна*) використовується за допомогою цифрових приладів. В цьому випадку результати вимірів висвічуються на цифрових табло різного типу. Використовуються три типи цифрової індикації:

- 1) механічні прилади;
- 2) оптичні і цифрові прилади;
- 3) електричні.

Останній тип приладів отримав найбільше розповсюдження. У них індикація здійснюється світлодіодами або за допомогою рідких кристалів. Цифрові прилади дозволяють зчитувати вимірювальну інформацію у зручній для використання формі.

В деяких випадках можуть використовуватись електронно-променеві візуальні прилади, у яких цифри відображаються на екрані електронно-променевої трубки або друкуючі прилади.

Автоматизація процесів вимірювання призводить до того, що для відображення і зберігання інформації використовується електронно-обчислювальна техніка. В таких випадках результати вимірів:

- а) демонструються (у вигляді графіку або цифр) на екрані дисплея,
- б) друкуються на бланку,
- в) записуються на магнітні диски для збереження.

**Різновиди інструментальних методів контролю.** В спортивній практиці використовують оптичні, оптико-електронні і механо-електричні методи контролю рухів.

***Оптичні і оптико-електронні методи реєстрації рухів.*** Оптичні методи реєстрації рухів включають в себе *кінозйомку і фотозйомку*. Спільним для них є те, що зображення спортсменів, що рухаються (чи інших об'єктів) відображається на світлочуттєвому матеріалі. Є і різниця: при фотозйомці

зображення фіксується на нерухомій фотопластинці чи фотобумазі, при кінозйомці – на світлочуттєвій плівці, яка рухається.

Оптична реєстрація рухів проводиться з деякою метою. Частіше за все її результати (фотокартка чи кінофільм) застосовуються тренером для загальної оцінки вірності рухів які виконуються, а також відповідність їх певним нормам чи еталонам. Найчастіше застосовуються у цьому випадку *кінограми*, покадровий перегляд яких дозволяє оцінити узгодженість послідовних елементів рухів. Тут можна казати переважно про якісну оцінку рухів.

При цьому, щоб виділити окремі моменти рухів, можливо зробити уповільнений показ кінограм. Особливо ефективний такий метод показу при швидкісній кінозйомці (100-500 кадрів за секунду). У цьому випадку вдається побачити всі особливості рухів, оцінити, що спортсмен робить добре, а що – погано.

Кількісна оцінка проводиться зазвичай більш складними методами: за допомогою циклографії чи стробофотографії.

*Стробофотограма* представляє собою сумісне на одному фотознімку зображення декількох послідовних поз рухів. Для того зйомка проводиться за допомогою обтюратора – обертаючогося непрозорого диска з прорізами. Якщо ж на тілі спортсмена (або спортивному знарядді) закріпити мініатюрні лампочки, світлодіоди чи дзеркальні відбивачі, то в результаті реєстрації отримаємо *циклограму*. Вона буде представляти собою переривчасту лінію, що відображає траєкторію переміщення сегмента тіла, на якому закріплений маркер.

Знаючи швидкість обертання обтюратора, за відстанню між точками переривистої лінії можна розрахувати швидкість переміщення сегментів.

Природно, що вимоги до точності визначення положення точки в просторі дуже високі. Тому зсув маркера під час руху і нестабільність обертань обтюратора недопустимі. Саме вони є джерелами систематичних і випадкових помилок вимірювання.

**Оптико-електронна реєстрація рухів** переважно здійснюється за допомогою **відеозапису**. У цьому разі оптичне зображення руху перетворюється в електричний сигнал і записується на магнітній стрічці. Відразу ж після запису рухи можуть бути відтворені на екрані дисплея (телевізора). За допомогою такого пристрою можна записувати на магнітну стрічку все, що завгодно: природу, рухи і дії спортсменів, виробничі процеси тощо. Така універсальність стандартного відеоконплекту обмежує його застосування для реєстрації і подальшого аналізу швидких спортивних рухів.

У зв'язку з цим останніми роками створюються спеціалізовані відеомагнітофони (так звані Speed-Video), які ефективно використовуються в спортивній практиці. Так, наприклад, три відеокамери, сполучені з ЕОМ, фіксують спереду, збоку і зверху гру волейболістів, виявляючи найістотніші моменти діяльності змагання.

На рисунку 3 представлено класифікаційний розподіл інструментального обладнання.

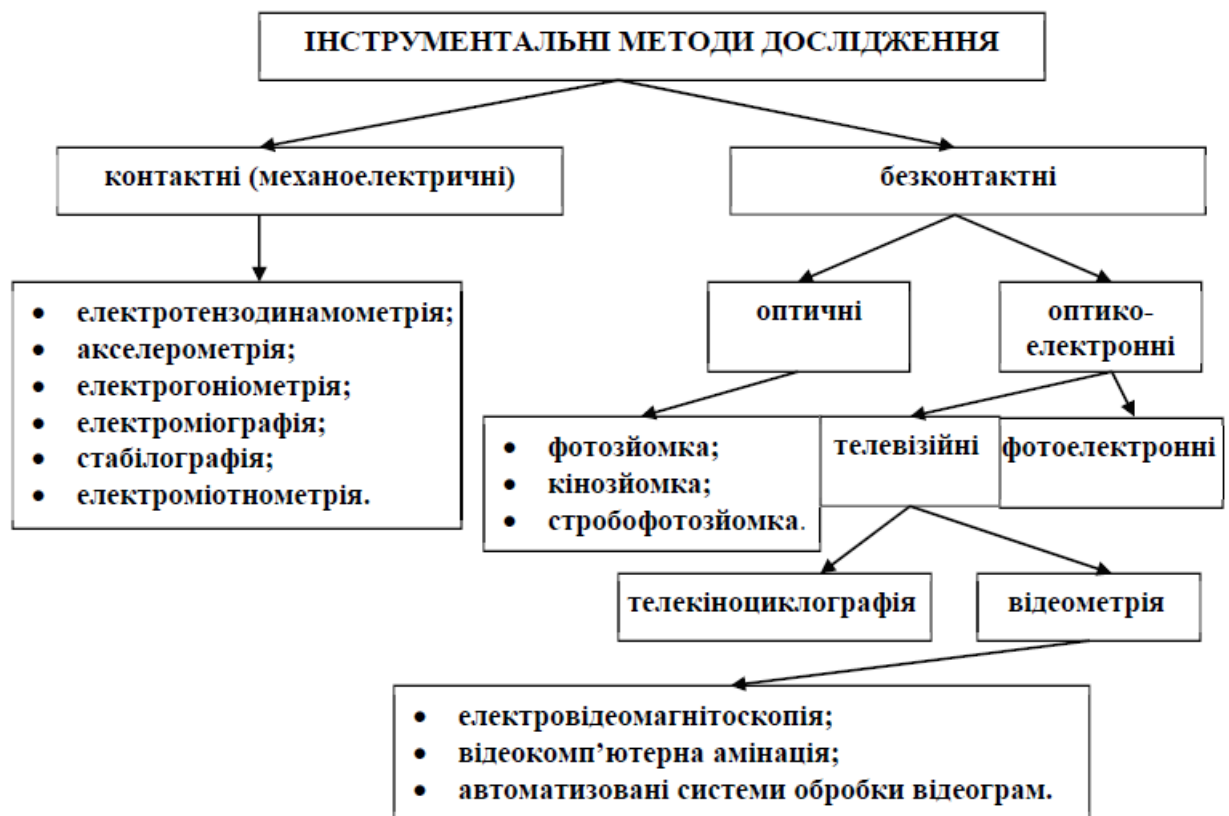


Рис. 3. Класифікація інструментальних методів вимірювання

**Механоелектричні методи.** Найчастіше вони застосовуються для реєстрації біоелектричних процесів, що відбуваються в організмі спортсменів, а також при вимірюванні біомеханічних характеристик рухів. Основні біоелектричні процеси, що інформативно відображають тренувальну і змагальну діяльність, оцінюються після реєстрації електрокардіограми (ЕКГ) і електроміограми (ЕМГ). У першому випадку оцінюється стан серця, а в другому – м'язів (у спокої або під час виконання вправ).

**Метод електротензодинамометрії** – дозволяє реєструвати та вимірювати зусилля, що проявляє людина під час взаємодії з опорою та іншими об'єктами довколишнього середовища, які мають певну масу. В основі роботи кожного тензодатчика лежить явище тензоефекту – властивість змінювати електричний опір під впливом деформації.

Здатність зберігати рівновагу є однією з найважливіших умов забезпечення життєдіяльності організму. Методика, що забезпечує можливість кількісного та якісного аналізу стійкості стояння, власне і називається **стабілографією**.

Крива зміни координат ЗМЦ (загальний центр мас) тіла при збереженні стійкості стояння називається **стабілограмою**. **Метод стабілографії** дозволяє вивчати біомеханічні характеристики рухів людини, а також дозволяє:

- кількісно оцінювати стійкість тіла людини та систем тіл;
- контролювати хід навчання різних видів рівноваг у спортивні та художній гімнастиках;
- проводити тестування стану спортсменів перед змаганнями;
- визначати ступінь до тренувальних навантажень;
- здійснювати професійний відбір найбільш здібних індивідуумів;
- фіксувати факт вживання людиною деяких фармакологічних препаратів та алкоголю.

**Метод міотонографії** дозволяє реєструвати та аналізувати якості скелетних м'язів людини. Його можливості дозволяють отримувати термінову



інформацію про стан усіх досліджуваних м'язів у графічній та цифровій формах.

**Метод електроміографії** – це спосіб реєстрації біоелектричної активності скелетних м'язів. Виділяють основні напрями використання електроміограми для вивчення активної рухової діяльності людини:

- вивчення електричної активності окремих функціональних рухових одиниць;
- вивчення електричної активності окремих м'язів;
- вивчення узгодженості електричної активності багатьох м'язів, що беруть участь у одному русі;
- використання електроміограми у якості електростимуляторів.

**Метод акселерометрії** дозволяє виміряти прискорення ЗЦМ тіла людини та окремих його біоланок при виконанні рухових дій. Акселерометр призначений для вимірювання прискорень. Робота такого датчика заснована на вимірюванні сили інерції, яка виникає під час руху. Вимірювання прискоренні відбувається у два етапи:

- механічне вимірювання прискорення;
- перетворення механічного переміщення маси датчика на електричний сигнал.

**Метод гоніометрії** дозволяє реєструвати кутові переміщення в суглобах. Величини суглобових кутів є важливими просторовими характеристиками. Безперервний контроль за величинами кутових переміщень є важливим для:

- вивчення спортивної техніки;
- навчання спортсменів раціональній техніці рухів;
- біомеханічного аналізу спортивних рухів;
- визначення рухомості сполучень ланок тіла, їх положень при різних позах, між позами рухів;
- оцінки гнучкості.

Для вимірювання кутових переміщень ланок тіла людини, оцінки рівня розвитку гнучкості (амплітуди рухів) використовуються такі методи:

- 1) рентгенографія;
- 2) оптико-електронні – фото-, кіно-, стробозйомка, стереоциклографія, стереостробозйомка, відеометрія;
- 3) механічний;
- 4) механоелектричний.

Безконтактні методи контролю представлені фотоапаратами та кінокамерами, фотографічним комплексом стробофотоїмки, відеомагнітофонами, автоматизованими відеокомп'ютерними системами.

Процес збереження положення та пози тіла – складний процес управління та регуляції. Тіло людини з біомеханічної точки зору у біостатиці можна уявити як багатоланкову механічну систему, що складається з ряду ланок, які деформуються. Ці ланки з'єднані за допомогою шарнірів, в котрих діють суглобні моменти, що забезпечують жорсткість статичного положення усієї рухомої системи. Для оцінки умов рівноваги тіла людини широко застосовується *метод стабілографії*. Окрім цього, ця методика застосовується для визначення функціонального стану, витривалості до навантажень статичного характеру, оцінки координаційних здібностей людини з позицій професійного відбору.

### ***Стабілоаналізатор комп'ютерний з біологічним зворотним зв'язком «Стабилан-01-2»***

Комплекс призначений для реєстрації, обробки та аналізу траєкторії переміщення центру тиску тіла людини на площину опори з метою виявлення та реабілітації рухово-координаційних порушень у дорослих і дітей, а також експрес-оцінки функціонального стану людини з використанням векторного аналізу.

Програмне забезпечення комплексу Стабилан-01-2 включає в себе:

#### ***1. Набір стабілографічних методик:***



- тест Ромберга (є основним для проведення обстежень з метою контролю динаміки лікування і ряду інших досліджень);
- тест з поворотом голови (виявлення зміни функції рівноваги, пов'язані з порушенням кровообігу в вертебробазиллярном басейні);
- оптокінетического тест (виявлення зміни функції рівноваги, пов'язані з впливом оптокінетического ністагму, викликаного рухом по екрану чорних і білих смуг);
- психологічні тести (виявлення типу реакції на стресові вплив і оцінка латеральної асиметрії);
- дослідницькі тести (мішень, тест на стійкість, евольвента тощо).

**2. Контроль функціонального стану людини** з використанням методики «допускового контроль». Комплекс «Стабилан-01-2» включає в себе методику «допускового контроль», яка унікальна по тривалості реєстрації (1 хвилина), комфортності, при якій не потрібно кріплення електродів і додаткових датчиків до тіла людини і чутливості в оцінки функціонального стану обстежуваного, що дозволяє організувати високоефективний моніторинг стану здоров'я великих груп людей. Основний показник даної методики - якість функції рівноваги (ЯФР). Включає в себе три проби: тест Ромберга з відкритими і закритими очима, а також проба Мішень.

**3. Набір тренажерів для реабілітації.** Програмне забезпечення для «Стабилан-01-2» включає в себе набір стабілографічних комп'ютерних ігор, виконуваних методом біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ) різного ступеня складності для реабілітації та відновлення функції рівноваги при захворюваннях різного характеру (інсульт, ДЦП, парез, різні травми, переломи тощо).

**Стабілоаналізатор комп'ютерний з біологічним зворотним зв'язком Стабилан-01-2 може доповнюватися наступними каналами:**

➤ **каналом ритмограми** (пульсу). Канал ритмограми з аналізом варіабельності серцевого ритму. Можливий запис сигналу як синхронно зі стабілографічним сигналом, так і окремо.

➤ **каналом зовнішнього дихання.** Канал периметричного дихання. Використовується в спортивній медицині, а так само в неврології для виявлення мозочків порушень. Можливий запис сигналу як синхронно зі стабілографічним сигналом, так і окремо.

➤ **чотирма каналами інтегральних міограм.** Необхідні для запису біопотенціалів з чотирьох м'язів синхронно зі стабілографічеських сигналом, а так само для використання в комп'ютерних біографічних тренажерах (спільний баланс-тренінг і тренінг м'язів) на основі біологічного зворотного зв'язку.

➤ **силомір кистьовим тензометричним;**

➤ **силомір становим тензометричним для проведення досліджень у спорті.**

#### **Комплекс для білатеральних досліджень.**

Даний комплекс застосовується для дослідження людини з використанням двох стабілоплатформ і дозволяє проводити реєстрацію:

- проєкції стоп на опорну поверхню стабілоплатформ;
- стабілограмми і баллістограмми для кожної ноги і сумарні баллістограмми;
- статокінезіграмм загального центру тиску;
- статокінезіграмм кожної кінцівки на проєкції стоп;
- розподілу маси на праву і ліву ноги з подальшою математичною обробкою.



#### **Питання для самоконтролю**

1. Назвіть склад блок-схеми вимірювальної апаратури.
2. Охарактеризуйте види датчиків вимірювальної системи.
3. Дати характеристику контактних методів вимірювання.
4. Дати характеристику безконтактних методів вимірювання.
5. Охарактеризуйте метод електротензодинамометрії.

6. Що таке електроміографія? Основні напрями її використання.
7. Особливості застосування акселерометрів.
8. Які методи реєстрації суглобових переміщень?
9. Що таке стабілографія, стабілограма? З чого складається стабілографічний вимірювальний комплекс?