

Лекція 3. Основи теорії вимірювань

Елементи процесу вимірювань. *Метод вимірювання* – це прийом порівняння вимірюваної фізичної величини з її одиницею відповідно до реалізованих принципів вимірювання. Методи вимірювання за можливості повинні мати мінімальну похибку.

Засіб вимірювання – це технічні засоби, що використовуються при вимірюваннях і мають нормовані метрологічні властивості. До засобів вимірювання відносяться міра та вимірювальні прилади.

Міра – засіб вимірювання, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру (гиря – міра маси).

Вимірювальний прилад – це засіб вимірювання, який дозволяє одержати вимірювальну інформацію у формі, що є доступною для безпосереднього сприйняття її спостерігачем.

До елементів вимірювання відносять:

- завдання вимірювання, у якому визначається, яка фізична величина повинна бути виміряна та допустима похибка вимірювань у певних умовах;
- об'єкт вимірювання в теоретичній метрології є реальний фізичний об'єкт, властивості якого характеризуються однією чи декількома вимірювальними фізичними величинами (об'єктом вимірювання може бути певна рухова здібність, властивості якої визначають шляхом вимірювань її складових);
- суб'єкт вимірювання в спортивній метрології – людина.

Принципи вимірювання:

- об'єктивність вимірювання; цей принцип вирішує проблему співвідношення об'єктивного та суб'єктивного компонентів у науковому пізнанні;
- багаторівневе вимірювання об'єкта (визначення сутності об'єкта можуть стосуватися різних рівнів його існування);
- вивчення явищ в їх розвитку; цей принцип ґрунтується на розумінні природи особистості як динамічного явища, реалізація цього принципу дає можливість шляхом екстраполяції прогнозувати розвиток явищ у майбутньому;
- творчий підхід у реалізації етапності вимірювань, підборі методів вимірювань.

Еталон – це засіб вимірювання, який слугує для збереження та передачі розміру одиниці фізичної величини іншим засобам вимірювання.

Види еталонів:

- первинний – забезпечує відтворення і збереження одиниці з найвищою в країні точністю; це унікальні схеми вимірювань, що нерідко являють собою складні вимірювальні комплекси, створені з урахуванням досягнень науки та техніки;
- спеціальний – забезпечує відтворення одиниці в особливих умовах, у яких пряма передача одиниці від первинного еталона з відповідною точністю нездійсненна, і слугує для цих умов первинним еталоном;

- державний – первинний або спеціальний еталон, офіційно затверджений як вихідний для країни;
- вторинний – зберігає розміри одиниці, одержаної шляхом порівняння з первинним еталоном відповідної фізичної величини.

Точність вимірювання – якість вимірювання, яка характеризує близькість результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини. Це поняття асоціюється з такими поняттями спортивної метрології, як достовірність, правильність вимірювання, відтворюваність результатів вимірювання.

Достовірність вимірювань визначається ступенем довіри до результату вимірювання і характеризується ймовірністю того, що істинне значення вимірюваної величини знаходиться у вказаних межах.

Правильність вимірювань – це якість вимірювання, що відображає близькість один до одного результатів вимірювання, виконаних на однакових умовах.

Відтворюваність результатів вимірювання – це якість вимірювання, що відображає близькість один до одного результатів вимірювання, одержаних за різних умов.

У результаті вимірювань результатів рухової діяльності людини можуть бути похибки. *Похибки вимірювань* є відхиленням результатів вимірювання від істинного значення вимірюваної величини.

Види вимірювань. У спортивній метрології визначено декілька класифікацій видів вимірювань:

- засновані на використанні органів відчуття (органолептичні);
- виконувані за допомогою спеціальних технічних засобів;
- класифіковані за способом одержання числового значення вимірювань;
- класифіковані за характером вимірюваної величини в процесі вимірювань;
- класифіковані за кількістю вимірюваної інформації;
- класифіковані по відношенню до основних одиниць вимірювання.

Види вимірювань, засновані на використанні органів відчуття людини. Вимірювання, в основі яких використовуються зорове, слухове, нюхове, дотикове і смакове сприйняття, називаються органолептичними. Розвиток психомоторних здатностей людини засновано на реалізації контрольних функцій органів відчуття. Так, наприклад, у теорії спорту для розвитку простої рухової реакції спортсмена існує метод, який умовно названо «сенсомоторний», котрий засновано на здатності людини розрізняти невеликі інтервали часу і відповідно вимірювати тривалість рухової реакції. Ця методика спрямована на те, щоб розвивати здатність точно сприймати час і за допомогою цього підвищувати швидкість реагування.

Види вимірювань, виконувані за допомогою спеціальних технічних засобів. Такі вимірювання називають *інструментальними*. Дослідник може реєструвати дані приладу і заносити їх до журналу, обробляти їх найпростішим способом і за допомогою обчислювальних засобів. На якість цих операцій впливає рівень професійної підготовки, мотивація, внутрішній стан особи.

У практиці фізичного виховання та спорту вимірювання здійснюється з метою контролю за процесами фізичного виховання і підготовки спортсменів. Для контролю використовуються візуальні та інструментальні методи. За допомогою візуальних методів спеціалісти спостерігають за діями спортсменів на змаганнях та тренуваннях, отримують переважно якісну інформацію. Результати візуальної оцінки носить в певній мірі суб'єктивний характер і його не зовсім коректно використовувати для порівняльного аналізу.

За допомогою інструментальних засобів отримують кількісну оцінку будь-яких характеристик і показників дій спортсмена; змін, що відбуваються в його організмі під впливом навантажень тощо.

Виходячи з того, що спортивна діяльність відбувається в просторі та часі докладання м'язових зусиль, основним завданням дослідника є вимірювання та аналіз показників простору, сили, напруження м'язів, часу дій та швидкості рухів спортсмена.

Показники простору – це показники, що визначають, наприклад, довжину дистанції, висоту приладу, глибину споруди, об'єкта тощо. Ці показники вимірюються в кілометрах, метрах, сантиметрах і міліметрах, за допомогою засобів вимірювання: сантиметри, лінійки, рулетки тощо.

До показників простору відносяться також показники вимірювання кутів.

Для вимірювання кутів використовується *гоніометр* (від лат. *гоніо* – кут). Використовуються два види гоніометра – механічний та електричний.

Механічний гоніометр – це транспортер великого розміру. Він використовується для того, щоб визначити, наприклад, величину кута між стегном і гомілкою. Для цього одна сторона транспортера з нульовою відміткою прикладається до стегна, а інша – до гомілки. Зафіксувавши кут між стегном і гомілкою, можна побачити його величину на шкалі транспортера.

Основу електричного гоніометра складає реостат за формулою тора (бублика). Нульовий торець реостата з'єднується з нерухомою частиною тіла (наприклад, стегном), а повзунок реостати прикріплюється до рухомої частини тіла (наприклад, до гомілки). Таким чином, на практиці, показники опору змінюються пропорційно куту, що досліджується.

У практиці фізичного виховання та спорту гоніометри в основному використовуються для оцінки рівня гнучкості. Визначається амплітуда рухливості в суглобах. Показники оцінюються у градусах. Такі гоніометри складаються із шкали (180 або 360⁰), що показує значення кута, єдиної осі двох плечей. Одне плече гоніометра нерухоме. При вимірюванні рухливості в

суглобах вісь гоніометра розташовується у центрі суглоба, а плечі встановлюються вздовж відповідних кісток з різних боків суглоба (рис. 3.1).

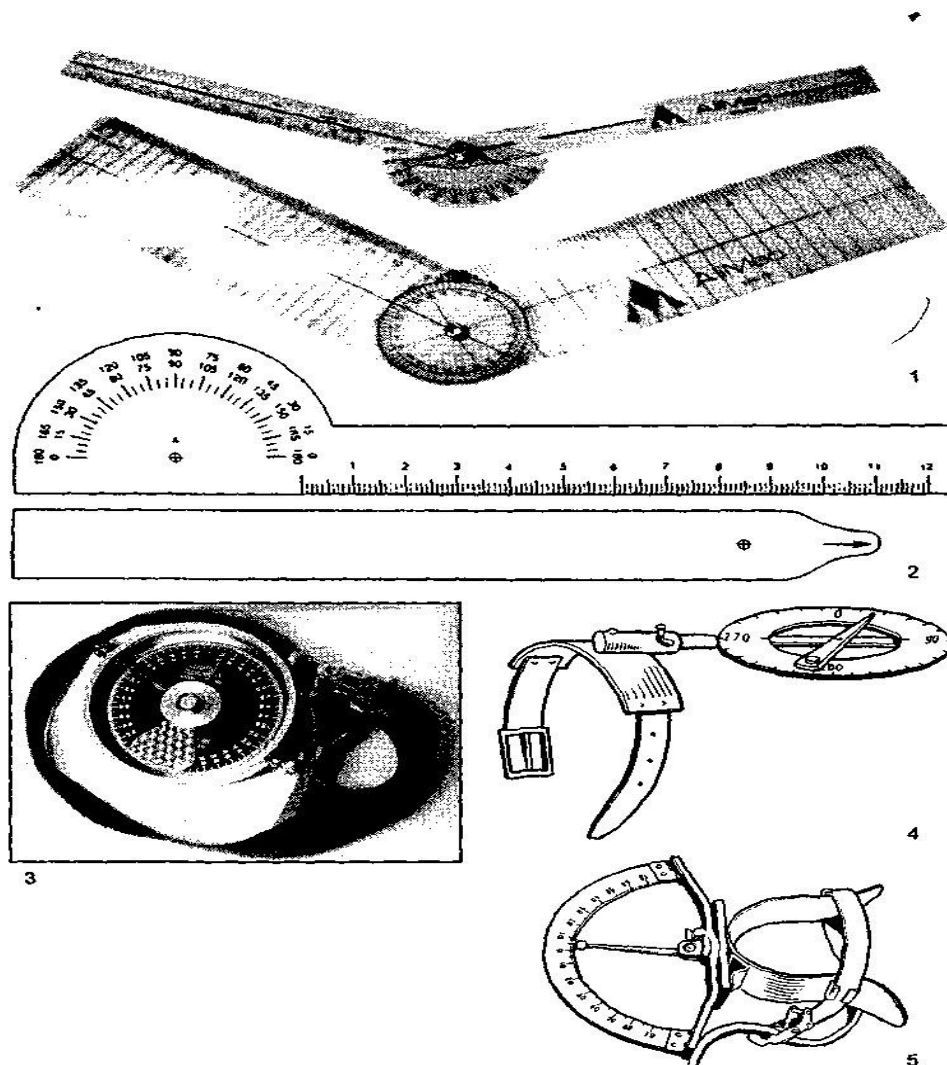


Рис. 3.1. Браншеві гоніометри для вимірювання рухливості у суглобах:
 1 – загальний вигляд гоніометрів; 2 – деталі конструкції гоніометра;
 гравітаційні гоніометри; 3 – гоніометр Лейтона; 4 – найпростіший
 гравітаційний гоніометр; 5 – гоніометр для вимірювання рухливості в
 гомілковостопному суглобі (А. Г. Сергєєв).

Для оцінки показників сили використовуються *динамометри* (від грецьк. *динаміс* – сила). Показники сили достатньо різноманітні. Можна вимірювати станову силу, силу рук і ніг, силу кистей, силу певних груп м'язів тощо. Процес вимірювання сили – *динамометрія* – проводиться для фіксації статичного і динамічного проявів сили.

При вимірюванні статистичного прояву сили використовують силу м'язів спортсмена як максимальну. В цьому випадку використовується простий вимірювальний прилад – пружинний динамометр. Його основним елементом є спеціальна пружини, яка переміщується вздовж нерухомих

частин динамометра. При стисненні пружини її довжина зменшується пропорційно силі, що прикладається.

Прояв динамічної сили вимірюється за допомогою *електричного динамометра*.

Електричний динамометр складається із тензодатчика, що включає три основних елементи: пружинку, що змінюється під впливом сили, вимірювальний прилад (амперметр, вольтметр) і джерело живлення (рис. 3.2). Під дією сили спортсмена пружинка стискається, викликаючи зміну опору в мережі. Вимірювальний прилад показує ці зміни. Окрім цього, нерівномірність прояву спортсменом сили фіксується приладом, що показує різну силу струму.

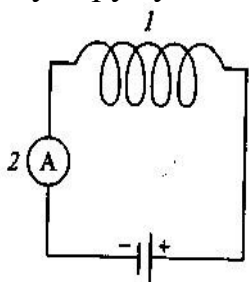


Рис. 3.2. Схема тензодатчика:

1 – пружинка, що змінює опір під дією зусилля; 2 – вимірювальний прилад; 3 – джерело живлення (В. П. Губа).

У тих випадках коли необхідно виміряти значну динамічну силу використовується *тензоплатформа*, яка також є електричним динамометром. Тензоплатформа являє собою прямокутний майданчик, на кутах якої прикріплені чотири тензодатчики. Для того щоб датчики працювали узгоджено, встановлюється спеціальний урівноважувальний пристрій.

Відповідно до системи СІ одиницею вимірювання сили є ньютон (Н). Разом з тим пружинні динамометри тарировані в старих одиницях системи СГСЕ – кілограм – сила (*кгс*): 1 *кгс* – сила, що надає масі міжнародного прототипу кілограму прискорення, що дорівнює $9,80665 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$, у напрямку дії сили ($1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ Н}$).

Показники часу називаються *хронометрами* (від лат. *хронос* – час). Найпростіший хронометр – секундомір, який працює за принципом годинникового механізму. В практиці фізичного виховання і спорту достатньо широко використовуються як пружинні, так і електронні секундоміри.

У разі необхідності вимірювання показників, що є похідними від показників сили, часу і простору, використовуються спірографи, акселерографи і міографи.

Прилад для вимірювання швидкості пересування спортсмена називається *спідографом*. Найпростішим є так званий спідограф В. М. Абалакова. Принцип його роботи такий: на пояс прикріплюють котушку зі стрічкою. Кінець стрічки фіксують на старті. Під час бігу стрічка на котушці розмотується, а обертання самої котушки характеризує швидкість бігу

спортсмена. Вимірюючи кількість обертів катушки, час забігу і дистанцію, що відповідає одному оберту катушки, визначають швидкість бігу спортсмена.

Для більш точного вимірювання швидкості пересування спортсмена використовують спідграф, принцип роботи якого ґрунтується на ефекті Доплера. Принцип використання такого спідграфа полягає в тому, що на спортсмена під час бігу спрямовується ультразвукова хвиля, параметри якої вимірюються і визначається швидкість бігу.

Для вимірювання *прискорення* використовується *акселерометр* (від лат. *акселеро* – прискорювати) прилад складається з двох циклів: один – зовнішній великий, а інший внутрішній малий. Перший циліндр заповнений рідиною, в якій переміщується другий циліндр від одного торця до іншого. Обидва торці внутрішнього малого циліндра підключені до електричної мережі. Малий циліндр переміщується в гідросередовищі за інерцією. Таке переміщення прямо пропорційне прискоренню. Шкала акселерометра має градацію, що дорівнює прискоренню вільного падіння тіла, тобто $9,8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$.

Для вимірювання напруження м'язів використовується *міограф* (від лат. *міо* – м'яз). Міограф складається із електродів, електричних проводів, джерела живлення, посилювача і шкали. На тілі людини є невеликі електричні потенціали і якщо до них підключити електричну мережу зі слабким джерелом живлення, посилювачем електропотенціалів і показниками току (амперметр чи вольтметр), то на шкалі приладу можна зафіксувати результати дослідження. При цьому показники будуть різними і залежатимуть від того, напружені м'язи чи знаходяться у стані спокою. Тобто, можна оцінити роботу м'язів при спортивній діяльності різного характеру.

Для реєстрації переміщень спортсменів в просторі використовується *фото-* і *кінозйомки*. Вони дозволяють зафіксувати дії спортсмена в кульмінаційний момент на фотоплівку. Потім, як правило, проводяться вертикальні, горизонтальні та осьові лінії. Знаючи параметри спортсмена, можна визначити відстань між окремими точками на його тілі та транспортиром виміряти кути. Спосіб фотозйомки дозволяє оцінити техніку спортсмена.

Дещо більші можливості для вимірювання й оцінки рухової діяльності спортсмена має кінозйомка. Кадри кіноплівки, що віддруковані на папері називаються *кінограмми*. За їх допомогою в першу чергу досліджуються кінематичні характеристики руху і траєкторії елементів тіла, що рухаються.

Циклограма являє собою кінозйомку траєкторії точок тіла спортсмена на фоні темної стіни в темному одязі. До точок тіла спортсмена, що досліджується (до голови, колін, плечей тощо), прикріплюються електролампочки, які на циклограмі відображаються у вигляді траєкторії точок.

Останніми роками найбільш широкого розповсюдження набув метод *відеозйомки*.

Відеозйомка не потребує часу на опрацювання запису і дозволяє контролювати зображення з використанням стоп-кадру, а також з необхідною

кількістю повторів. Практично необхідним є метод відеозйомки при аналізі змагальної діяльності спортсменів.

Безумовно, для вимірювання показників спортивної метрології на сучасному етапі використовуються багато інших засобів вимірювання, зокрема: оптико-електронні пристрої, датчики біоелектричних процесів, датчики біомеханічних характеристик, телеметричні системи тощо.

Види вимірювань, класифіковані за способом одержання числового значення фізичної величини:

- *прямі вимірювання* – вимірювання, при яких вимірюється безпосередньо певна фізична величина, які виконуються за допомогою певної вимірювальної апаратури;

- при *непрямих вимірюваннях* значення величини встановлюють за результатами прямих вимірювань тих величин, які пов'язані певною залежністю з тими, що потрібно виміряти;

- *сукупними вимірюваннями* називають такі, в яких значення вимірюваних величини знаходять за даними повторних вимірювань однією або декількох однойменних величин;

- *сумісні вимірювання* – це одночасно вимірювання двох або більшої кількості неоднорідних фізичних величин для визначення функціональної залежності між ними.

Види вимірювань, класифіковані за характером вимірюваної величини:

- динамічні вимірювання пов'язані з такими величинами, які в процесі вимірювання мають певні зміни;

- статичні вимірювання мають місце тоді, коли вимірювана величина практично постійна (вага диска);

- статистичні вимірювання пов'язані з певними характеристиками випадкових процесів.

Види вимірювань, класифіковані за кількістю вимірюваної інформації:

- одноразові вимірювання – це одне вимірювання однієї величини; у зв'язку з тим, що одноразові вимірювання часто мають певні помилки, слід проводити декілька одноразових вимірювань, а кінцевий результат знаходити як середнє арифметичне значення;

- багаторазові вимірювання характеризуються перевищенням кількості вимірюваних величин.

Види вимірювань, класифіковані по відношенню до основних одиниць вимірювання:

- в *абсолютних вимірюваннях* використовуються вимірювання однієї основної величини;

- *відносні вимірювання* базуються на встановленні відношення вимірюваної величини до однорідної, що використовується як одиниця.

Основні етапи процесу вимірювань. Вимірювання – це послідовність складних і різноманітних дій, які складаються з низки етапів.

Першим етапом будь-якого вимірювання є постановка вимірювальних завдань, що включає: збір даних про вимірювання і дослідження фізичних величин, їх аналіз; формування моделі об'єкта і визначення вимірюваної

величини; постановку вимірювального завдання на основі прийнятої моделі об'єкта вимірювання; вибір конкретних величин, за допомогою яких буде знаходитись значення вимірювальної величини; формулювання рівняння вимірювання.

На *другому* етапі процесу вимірювання відбувається планування вимірювання, яке відбувається в такій послідовності: вибору методів вимірювань безпосередньо вимірюваних фізичних величин і можливих видів системи вимірювань; апріорна оцінка похибки вимірювань; визначення вимог до метрологічних характеристик системи вимірювань і умов вимірювань; вибір системи вимірювань у відповідності до вказаних вимог; вибір параметрів вимірювальної процедури; підготовка системи вимірювань до виконання експериментальних досліджень; забезпечення відповідних умов для вимірювання та створення можливості їх контролю.

Третій головний етап вимірювання – вимірювальний експеримент: взаємодія засобів і об'єкта вимірювань; переформування сигналу вимірювальної інформації; відтворення сигналу заданого розміру; порівняння сигналів і реєстрація результатів.

Останній етап вимірювання – обробка експериментальних даних: попередній аналіз інформації; розрахунок і внесення можливих поправок на систематичні погрішності; формулювання та аналіз математичного завдання обробки даних; побудова можливих алгоритмів обробки експериментальних даних; проведення розрахунків відповідно прийнятому алгоритму; аналіз та інтерпретація одержаних результатів.

Фактори, які впливають на якість вимірювань. Під час проведення вимірювань у метрологічній практиці повинен урахуватися вплив:

- об'єкта вимірювання;
- суб'єкта (експерти, експериментатор);
- способу вимірювання;
- засобу вимірювання;
- умов вимірювання.

Об'єкт вимірювання у фізичному вихованні та спорті є значною складністю у зв'язку з індивідуальними відмінностями; популяційними, генетичними, психологічними. Експерт або експериментатор уносить у процес вимірювання елемент суб'єктивізму. Результат вимірювання залежить від кваліфікації експериментатора, ступеня володіння ним методикою, психологічного і фізіологічного стану в момент вимірювання. Спосіб вимірювання може бути різним за точністю. Наприклад, стрибок у висоту з місця може фіксуватись за допомогою приладу Абалакова, чи відміткою крейди на стіні. Умови вимірювання можуть бути різними: температура навколишнього середовища, вологість, атмосферний тиск, вітер, електричні та магнітні поля.

Вимірювальні шкали. Залежно від того, яка операція лежить в основі вимірювання ознаки, виділяють так звані вимірювальні шкали. На шкалі приладу фіксуються результати вимірювань. У цьому сенсі шкала має набір певних умовних знаків. Показник приладу, зупиняючись на будь-якому знаку,

фіксує зміну тих або інших вимірювальних величин. Проміжок між сусідніми відмітками називається діленням шкали. Ціна шкали – це значення вимірювальної величини, яка відповідає відстані між двома сусідніми діленнями шкали.

У спортивній метрології розрізняють чотири типи шкал вимірювань:

- найменувань (номінальна);
- порядку (рангів);
- інтервалів (різниць);
- відношень.

Перші дві шкали – найменувань та порядку є неметричними шкалами, а останні – інтервалу і відношень є метричними шкалами.

Шкала найменувань. Номінальний рівень вимірювань – це найпростіший рівень вимірювань. Він дає лише набір дискретних категорій, який дозволяє розмежувати різні об'єкти. Приклад номінальних шкал: «стать» (1 – жіноча, 2 – чоловіча), «національність» – (1 – українець, 2 – росіянин, 3 – білорус). Відмітимо, що в шкалах найменувань урахується лише одна властивість числа, а інші – ні. Числа, що складають шкалу дозволяється міняти місцями. При використанні таких шкал можемо робити тільки висновок про те, чи належить об'єкт до одного чи іншого класу, тотожні різні об'єкти чи ні за вимірювальною властивістю.

Шкала порядку. Порядковий рівень вимірювання надає більше інформації і в змозі не тільки визначати особливості категорій, а і впорядкувати певні явища. Відмінності можуть визначатись у таких співвідношеннях, як «більше – менше», «швидкий – повільний». Таке порядкове вимірювання дозволяє присвоїть кожному суб'єкту число, яке дозволяє зрозуміти, як саме даний об'єкт пов'язаний з іншими в кількісних пропорціях і властивості, що його характеризують.

Шкала інтервалів. Вимірювання у такій шкалі не тільки впорядковані за рангами, але і поділені визначеними (певними) інтервалами. В інтервальній шкалі встановлені одиниці вимірювань (градус, секунда тощо). Особливістю, що відрізняє її від шкали відношень (що розглядатиметься далі), є те, що нульова точка обирається довільно. Прикладом може бути календарний час (початок літочислення в різних календарях встановлювався випадковими причинами).

Шкала відношень. Вимірювання за цією шкалою відрізняється від інтервальної шкали тим, що визначається нульова точка, яка відповідає повній відсутності прояву вимірюваної ознаки. За такою шкалою вимірюють довжину, масу тіла, час виконуваного завдання. До значень, одержаних за цією шкалою, можна застосувати всі арифметичні дії, що має важливе значення при вимірюваннях фізичних величин.

Таблиця 3.1

Характеристика і приклади шкал вимірювань

Шкала	Характеристика	Математичні методи	Приклади
Найменувань	Об'єкти згруповані, а групи позначені номерами	Число випадків	Номер спортсмена
Порядку	Числа, що присвоєні об'єктам, відображають кількісні властивості, які їм належать	Медіана, рангова кореляція	Результати ранжування спортсменів у тесті
Інтервалів	Існує одиниця вимірювань, за допомогою якої об'єкти можна не тільки впорядкувати, а й приписати їм числа так, щоб рівна різниця відображала різні відмінності в кількості вимірюваної властивості	Середня величина, середнє квадратичне відхилення	Температура тіла, суглобні кути
Відношень	Відношення чисел, присвоєних об'єктам після вимірювань, відображає кількісні відношення вимірюваної властивості	Усі методи статистики	Довжина і маса тіла, сила рухів, прискорення

Точність вимірювань. У фізичному вихованні та спорті деякі вимірювання не можуть бути виконані абсолютно точно, існують певні помилки. Знання точності вимірювань і оцінка при цьому помилки – важлива умова метрологічних вимірювань. Під точністю вимірювань розуміють ступінь наближення результату вимірювань до дійсного значення вимірюваної величини. Різниця між одержаним при вимірюванні значенням і дійсним значенням вимірюваної величини називають помилкою результату вимірювання.

Точність вимірювань залежить від багатьох чинників, зокрема:

- об'єкта вимірювання;
- суб'єкта (експерта, експериментатора);
- способу вимірювання;
- засобів вимірювання;
- умов вимірювання.

Результат вимірювання включає похибку, величина якої тим менша, чим точніший метод вимірювань і вимірювальний прилад. Маючи на увазі похибку вимірювань, необхідно уточнити, що таке основна, додаткова, абсолютна, відносна, систематична і випадкова похибки.

Основна похибка - це похибка методу вимірювання чи вимірювального приладу, що має місце в нормальних умовах.

Додаткова похибка - не похибка вимірювального приладу, викликана відхиленням умов його роботи від нормальних, (наприклад, змінюється (падає) напруга електричної мережі).

Систематичні помилки. Систематичною називають помилку, величина якої не змінюється від вимірювання до вимірювання. Розрізняють такі систематичні помилки:

- інструментальні помилки є результатом конструктивних недоліків вимірювальної апаратури, її несправності чи нерівного градування, (наприклад, при визначенні МСК спортсмен часто використовує маску для забору повітря, що утруднює дихання і спортсмен, як правило, знижує об'єм повітря, яке він видихає і тим самим зменшує результати МСК);

- помилки установки, які виникають у зв'язку з неправильним розташуванням вимірювальної апаратури (наприклад, розташування вимірювальної апаратури поблизу приладів, що живляться сильним струмом, або магнітного поля, яке може змінити показники приладів);

- помилки, пов'язані з об'єктом вимірювання: як відомо, об'єктом вимірювання в спортивній практиці є рухова діяльність спортсмена, його психологічні, біомеханічні процеси, ці вимірювання характеризуються значною варіативністю;

- помилки суб'єкта вимірювання, які пов'язані з індивідуальними особливостями дослідника, для запобігання таких помилок потрібен підбір кваліфікованих осіб, яким довіряють вимірювання;

- помилки методу вимірювання, які є результатом недостатньої теоретичної обґрунтованості даного вимірювання.

За характером прояву систематичні помилки поділяються на постійні та змінні. Постійними називають такі помилки вимірювання, які залишаються незмінними протягом усього вимірювання. Змінними називають помилки, що виникають у процесі вимірювання. Боротьба із систематичними помилками ведеться різними способами, із яких потрібно зупинитись на таруванні (перевірка показників вимірювальних приладів шляхом порівняння з показниками еталонів) і калібруванні (визначення помилок або поправок для сукупності мір) вимірювальної апаратури, та методами (коли певна фізична величина вимірюється різними способами) і рандомізація (спосіб включення невідомих постійних систематичних помилок).

Абсолютні помилки вимірюються в тих самих одиницях, що і сама вимірювальна величина. *Відносні помилки* зазвичай вимірюються у відсотках. До основних помилок відносять помилки методу вимірювання або вимірювального приладу, що мають місце за нормальних умов їх використання.

Одиниці вимірювань в спортивній метрології. В 1790 р. у Франції була створена так звана метрична система мір за основну одиницю довжини був прийнятий метр, за одиницю ваги (в той час не було різниці між поняттями «вага» і «маса») – вага 1 см³ хімічно чистої води при температурі близько + 40 С – грам (пізніше кілограм). Окрім цих двох одиниць, метрична система в своєму початковому варіанті включала також одиниці площі (ар – площа квадрата зі стороною 10 м), об'єм (стер, рівний об'єму куба з ребром 0,1 м). У цій першій системі одиниць ще не було чіткого розподілу одиниць на основні та прохідні.

Уперше поняття про *систему одиниць* як *сукупність основних і похідних* ввів німецький вчений К. Ф. Гаус у 1832 р. За його методом побудова систем одиниць різних величин спочатку встановлюють чи вибирають довільно декілька величин незалежно одна від одної. Одиниці цих величин називають *основними*, так як вони є основою побудови системи інших величин. Одиниці, що виражені через основні одиниці, називають *похідними*. Повна сукупність основних і похідних одиниць, встановлених таким шляхом і є *системою одиниць фізичних величин*.

Як *основні* одиниці в системі, що запропонував К. Ф. Гаус, були прийняті: одиниця довжини – міліметр, одиниця маси – міліграм, одиниця часу – секунда. Цю систему одиниць назвали абсолютною.

Спочатку були створені системи одиниць, що були засновані на трьох одиницях, і перевага віддавалась системам, що побудовані на одиницях довжини – маси – часу. Це такі системи, як МКС: метр – кілограм – секунда; СТС – сантиметр – грам – секунда.

Наявність різних систем вимірювання фізичних величин, велика кількість позасистемних одиниць створювали певні труднощі при переході від однієї системи до іншої при відповідних перерахунках.

Тому виникла необхідність у створенні єдиної системи одиниць вимірювань.

У 1960 р. XI Генеральна конференція прийняла міжнародну систему одиниць (*Systeme International d'Unstes – фп*) із скороченим позначенням «*Si*» – «*СИ*».

У наступні роки Генеральна конференція прийняла декілька доповнень і змін, в результаті чого система «*СИ*» стала складатись із семи *основних* (метр, кілограм, секунда, ампер, кельвін, моль, кандела) і двох додаткових (плоский кут, тілесний кут) одиниць (табл. 3.2.).

Похідні одиниці вимірювань у спортивній метрології:

сила – ньютон ($1Н = 1 \text{ кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$); швидкість – метр за секунду ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$); об'єм літр (*л*); кут повороту – градус кутовий (\dots°) радіан (*рад*); темп (частота) рухів за секунду (с^{-1}); прискорення – метр за секунду в квадраті ($\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$); момент інерції – кілограм – метр у квадраті ($\text{кг}\cdot\text{м}^2$); момент сили – ньютон – метр ($\text{Н}\cdot\text{м}$); імпульс сили – ньютон – секунда ($\text{Н}\cdot\text{с}$); потужність – ват (*Вт*).

Основні та похідні показники спортивної метрології: кінетична енергія – Дж; потенційна енергія – Дж; швидкість поглинання кисню – $\text{мл}\cdot\text{хв}^{-1}$; метаболічний еквівалент – МЕТ (кількість кисню, що споживається за 1 хв на 1 кг маси тіла); частота серцевих скорочень – ЧСС ($\text{уд}\cdot\text{хв}^{-1}$); легенева вентиляція – ЛВ ($\text{л}\cdot\text{хв}^{-1}$); лактат у крові – $\text{мг}\%$; $\text{ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$; анаеробна потужність – $\text{ккал}\cdot\text{хв}^{-1}$; максимальне споживання кисню – МСК ($\text{л}\cdot\text{хв}^{-1}$); концентрація глюкози в крові – борг – $\text{мл}\cdot\text{кг}^{-1}$; життєва ємність легень – ЖЄЛ (*л*); легенева вентиляція – $\text{л}\cdot\text{хв}^{-1}$; парціальна напруга O_2 в артеріальній крові – мм.рт.ст. ; поріг анаеробного обміну – ПАНО – $\%$ від МСК; загальний об'єм серця – $\text{см}^3\cdot\text{кг}^{-1}$; швидкість споживання кисню – $\text{л}\cdot\text{хв}^{-1}$; потужність фосфатної системи – $\text{Вт}\cdot\text{с}^{-1}$; ємність анаеробної системи – $\text{ккал}\cdot\text{кг}^{-1}$.

Основні одиниці міжнародної системи одиниць

Величина			Одиниці		
			позначення		
Найменування	Розмірність	Рекомендоване позначення	Найменування	Українське	Міжнародне
Основні					
Довжина	L	l	Метр	М	m
Маса	M	m	Кілограм	КГ	
Час	T	t	Секунди	С	S
Сила електричного струму	I	i	Ампер	А	A
Термодинамічна температура	Θ	T	Кельвін	К	K
Кількість речовини	N	n, v	Моль	Моль	Mol
Сила світлі	I	I	Кандела	кд	cd
Додаткові					
Плоский кут			Радіон	Рад	Rad
Тілесний кут			Стерадіон	СР	Sr

Наведені одиниці вимірювань складають основу кількісних досліджень у фізичному вихованні та спорті. Вихідні дані, що виражені в цих одиницях, використовуються для практичних вимірювань, які здійснюються за допомогою спеціальних засобів вимірювань.

Сучасна уніфікація одиниць вимірювання, технологій і технічних засобів дозволила в науці про спорт одержати інформацію більше ніж від 3000 окремих параметрів. Їх можна розподілити на чотири рівні:

- інтегральні – відображають сумарний ефект функціонального стану різних систем організму (наприклад, спортивну майстерність);
- комплексні – відносять до однієї із функціональних систем організму людини (наприклад, фізичної підготовленості);
- диференціальні – характеризують тільки одну властивість системи (наприклад, розвиток координаційних здібностей);
- одиничні – розкривають одну величину окремої властивості системи (наприклад, розвиток швидкісної сили як складової силових здібностей людини).

Основними вимірюваними і контрольованими параметрами в наукових дослідженнях із фізичного виховання та спорту є: фізіологічні, фізичні та психологічні параметри тренувального навантаження і відновлення; параметри розвитку координаційних, силових, швидкісних здібностей, здібностей до витривалості та гнучкості в суглобах людини; функціональні параметри серцево-судинної, дихальної, сенсорних систем; біомеханічні параметри спортивної техніки.

Питання для самоконтролю

1. Які є види вимірювань?
2. Що називається вимірюванням?
3. Назвіть основні одиниці вимірювань системи СІ.
4. Охарактеризуйте основні інструментальні засоби вимірювань.
5. Які є шкали вимірювань?
6. Від яких чинників залежить точність вимірювань?
7. Які бувають похибки вимірювання?
8. Що ви розумієте під таруванням, калібруванням, рандомізацією?

Практичні завдання

1. Скласти конспект теми «Основи теорії вимірювань».
2. Навести приклади шкал вимірювань, які використовують у обраному вами виді спорту.