

**УЗБЕКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ  
КУЛЬТУРЫ**

**СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ ТЕКСТ  
ЛЕКЦИЙ**

**ТАШКЕНТ – 2009**

Составители:

Толаметов А.А. – старший преподаватель кафедры информатики и информационных технологий

Частоедова А.Ю. - старший преподаватель кафедры информатики и информационных технологий

Акбаров А. - доцент кафедры информатики и информационных технологий, к.ф.-м.н.

Рецензенты:

Саломов Р.С. – доктор педагогических наук, профессор

Хайдаров А.А. – кандидат физико-математических наук, доцент

Учебное пособие «Спортивная метрология текст лекций» составлено на основании типовой программы по спортивной метрологии для институтов физической культуры.

Рассмотрено на заседании межвузовской научно-методической комиссии при Узбекском Государственном институте физической культуры и рекомендовано к изданию.

## **Лекция № 1. Предмет “Спортивная метрология”. Спортивная тренировка как процесс управления. Основы теории измерений**

### **План лекции:**

- 1. Предмет и задачи курса «Спортивная метрология»**
- 2. Методы спортивной метрологии.**
- 3. Роль спортивной метрологии в физической культуре и спорте.**
- 4. Измерение физических величин.**
- 5. Параметры, измеряемые в физической культуре и спорте**
- 6. Шкалы измерений**
- 7. Точность измерений.**

### **1.1. Предмет и задачи курса «Спортивная метрология»**

В повседневной практике человечества и каждого индивида измерение вполне обычная процедура. Измерение наряду с вычислением непосредственно связано с материальной жизнью общества, так как оно получило развитие в процессе практического освоения мира человеком. Измерение, так же как счет и вычисление, стало неотъемлемой частью общественного производства и распределения, объективной отправной точкой для появления математических дисциплин, и в первую очередь геометрии, а отсюда и необходимой предпосылкой развития науки и техники.

В самом начале, в момент своего возникновения, измерения, сколь бы различными они ни были, носили, естественно, элементарный характер. Так, исчисление множества предметов определенного вида основывалось на сравнении с числом пальцев. Измерение длины тех или иных предметов строилось на сравнении с длиной пальца руки, стопы или шага. Этот доступный способ являлся изначально в буквальном смысле «экспериментальной вычислительной и измерительной техникой». Он уходит своими корнями в далекую эпоху «детства» человечества. Прошли целые столетия, прежде чем развитие математики и других наук, появление измерительной техники, вызванное потребностями производства и торговли, коммуникациями между отдельными людьми и народами, привело и появлению хорошо разработанных и дифференцированных методов и технических средств в самых различных областях знания.

Сейчас трудно себе представить какую-либо деятельность человека, в которой не использовались бы измерения. Измерения ведутся в науке, промышленности, сельском хозяйстве, медицине, торговле, военном деле, при охране труда и окружающей среды, в быту, спорте и т.д. Благодаря измерениям возможно управление технологическими процессами, промышленными предприятиями, подготовкой спортсменов и народным хозяйством в целом. Резко возросли и продолжают расти требования к точности измерений, скорости получения измерительной информации, измерению комплекса физических величин. Увеличивается число сложных измерительных систем и измерительно-вычислительных комплексов.

Измерения на определенном этапе своего развития привели к возникновению метрологии, которая в настоящее время определяется как «наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности». Это определение свидетельствует о практической направленности метрологии, которая изучает измерения физических величин и образующие эти измерения элементы и разрабатывает необходимые правила и нормы. Слово «метрология» составлено из двух древнегреческих: «метро» — мера и «логос» — учение, или наука.

Современная метрология включает три составляющие: законодательную метрологию, фундаментальную (научную) и практическую (прикладную) метрологию.

**Спортивная метрология** — это наука об измерениях в физическом воспитании и спорте. Ее следует рассматривать, как конкретное приложение к общей метрологии, как одну из составляющих практической (прикладной) метрологии. Однако как учебная дисциплина спортивная метрология выходит за рамки общей метрологии по следующим обстоятельствам. В физическом воспитании и спорте некоторые из физических величин (время, масса, длина, сила), на проблемах единства и точности, которых сосредоточивают основное внимание специалисты-метрологи, также подлежат измерению. Но более всего специалистов этой отрасли интересуют педагогические, психологические, социальные, биологические показатели, которые по своему содержанию нельзя назвать физическими. Методикой их измерений общая метрология практически не занимается, и поэтому возникла необходимость разработки специальных измерений, результаты которых всесторонне характеризуют подготовленность спортсменов. Особенностью спортивной метрологии является то, что в ней термин «измерение» трактуется в самом широком смысле, так как в спортивной практике недостаточно измерять только физические величины. В физической культуре и спорте кроме измерений длины, высоты, времени, массы и других физических величин приходится оценивать техническое мастерство, выразительность и артистичность движений и тому подобные нефизические величины.

**Предметом спортивной метрологии** являются комплексный контроль в физическом воспитании и спорте и использование его результатов в планировании подготовки спортсменов и физкультурников.

Вместе с развитием фундаментальной и практической метрологии происходило становление законодательной метрологии.

**Законодательная метрология** — это раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений.

Законодательная метрология служит средством государственного регулирования метрологической деятельности посредством законов и законодательных положений, которые вводятся в практику через Государственную метрологическую службу и метрологические службы

государственных органов управления и юридических лиц. К области законодательной метрологии относятся испытания и утверждение типа средств измерений и их поверка, и калибровка, сертификация средств измерений, государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерений.

Метрологические правила и нормы законодательной метрологии гармонизированы с рекомендациями и документами соответствующих международных организаций. Тем самым законодательная метрология способствует развитию международных экономических и торговых связей и содействует взаимопониманию в международном метрологическом сотрудничестве.

## 1.2. Методы спортивной метрологии

Основным методом спортивной метрологии является комплексный контроль. Выделяют три основные формы контроля за состоянием спортсмена:

А) Этапный контроль, цель которого состоит в оценке этапного состояния спортсмена;

Б) Текущий контроль, основной задачей которого является определение повседневных, текущих колебаний в состоянии спортсмена;

В) Оперативный контроль, целью которого является экспресс-оценка состояния спортсмена в данный момент.

Конечная цель комплексного контроля – получить надежную и достоверную информацию для управления процессом физического воспитания и спортивной подготовки.

Во всех случаях контроля для суждения о состоянии спортсмена используют какие-либо измерения или испытания – тесты. Построение и выбор их должны удовлетворять определенным требованиям, которые рассматриваются в так называемой *теории тестов*. После того, как тестирование проведено, его результаты необходимо оценить. Анализ различных способов оценки дается в так называемой *теории оценок*. Теория тестов и теория оценок являются теми разделами спортивной метрологии, которые имеют общее значение для всех конкретных разновидностей контроля, используемых в процессе подготовки спортсмена.

Кроме того, существенным подспорьем в анализе данных служат методы математической статистики, так же используемые в спортивной метрологии. Данные методы используются для анализа результатов массовых повторяющихся измерений. Результаты таких измерений всегда отличаются друг от друга из-за многочисленных причин, не поддающихся контролю и варьирующих от одного измерения к другому. Массовые измерения однородных объектов, обладающих качественной общностью, обнаруживают определенные закономерности. При использовании статистических методов выделяют три этапа исследования:

А) статистическое наблюдение, представляющее собой планомерный, научно обоснованный сбор данных, характеризующих изучаемый объект;

Б) статистическая сводка и группировка, являющиеся важной подготовительной частью к статистическому анализу данных;

В) анализ статистического материала, являющийся завершающим этапом статистического подхода.

### **1.3. Роль спортивной метрологии в физической культуре и спорте.**

В сущности, спортивная метрология занимается комплексным контролем в спорте, что позволяет использовать существующие результаты спортсмена в планировании его подготовки. Для того, чтобы спортивная тренировка стала действительно управляемым процессом, необходимо, чтобы тренер принимал решения с учетом результатов объективных измерений. Тренировка, построенная с учетом только самочувствия спортсмена и интуиции тренера, не может дать хороших результатов в современном спорте. Хотя, можно сказать и обратное. Если не учитывать этих факторов, можно допустить опасные ошибки. Только гармоничное сочетание объективных и субъективных показателей может обеспечить успех.

Любой контроль начинается с измерения, но не исчерпывается им. Нужно знать, какие именно показатели нужно измерить, уметь выбрать наиболее информативные показатели. А также не менее важно уметь математически грамотно обрабатывать полученные результаты наблюдений. Современный специалист в области физической культуры и спорта должен обязательно владеть методами контроля. Конечно, контроль за состоянием спортсмена в процессе тренировки – дело представителей многих специальностей: педагогов, медиков, биохимиков и т.д. Однако логико-теоретическая основа измерений и контроля, а также используемый при этом математический аппарат являются во многом общими для всех конкретных научных специальностей. Более того, именно участие в процессе контроля представителей многих дисциплин требует обобщающих представлений, единой системы понятий, одинаковой или, по крайней мере, легко согласующейся терминологии, а также унифицированных измерительных процедур, сходных правил выбора тестов, шкал оценок и т.п. Без этого данные разных специалистов нельзя будет сопоставить друг с другом и придти к общему заключению. Спортивная метрология и создает основу для такого единого подхода.

### **1.4. Измерение физических величин**

**Физическая величина** (ФВ) — свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Понятие физической величины применяется к тем свойствам физических объектов или их характеристикам, которые поддаются измерению. Для измерения физической величины используются такие параметры и характеристики физических объектов, как масса, температура, длина, объем и др.

Физическую величину можно определить по следующей формуле:

$$Q = q[Q],$$

где  $Q$  -измеряемая ФВ;  $[Q]$  — единица измерения ФВ;  $q$  — числовое значение ФВ.

Значение ФВ определяется в результате измерения. *Измерение ФВ* — это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. В основе всякого измерения лежит принцип измерений. Каждому измерению присуща погрешность измерения. Обработка результатов измерения производится статистическими методами.

Простейшими методами измерения являются *метод непосредственной оценки*, при котором значение ФВ определяется по показаниям измерительного прибора (например, сила тока — ампер (А) по шкале амперметра и т.д.); *метод сравнения с мерой*, при котором ФВ сравнивается с определенной установленной мерой (например, масса тела (кг, г) с гирями (кг, г) на рычажных весах), и др.

Измерение физической величины можно проводить прямым или косвенным методами. При *прямом методе измерения ФВ* определяется опытным путем (например, длина дистанции, время забега т. д.). При *косвенном методе измерения ФВ* вычисляется на основании известной зависимости физических величин друг от друга, полученных опытным путем (например, определение величины средней скорости спортсмена от длины дистанции и времени забега и т.д.). Таким образом,  $q$  — числовое значение физической величины, определяется в процессе измерений.

Единица измерения ФВ  $[Q]$  представляет собой размерность данной величины. *Размерность* — это соотношение физических величин, показывающее, как изменяется единица какой-либо ФВ по отношению к основным единицам измерения.

Основные единицы измерения определяются по Международной системе единиц (СИ — Система Интернациональная), которая была принята в 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам. Принцип создания СИ основан на семи основных и двух дополнительных единицах измерения (табл. 1.1).

Существуют также *внесистемные единицы измерения*, которые не входят в систему СИ (например, единица мощности, изымаемая из обращения, — лошадиная сила (л.с); единица времени, равная суткам, и т.п.). Кроме основных, дополнительных и внесистемных единиц измерения нередко используются кратные и дольные единицы измерений. *Кратная единица измерения* — это единица, которая в целое число раз больше системной или внесистемной единицы (например, километр, мегаватт, тонна и др.). *Дольная единица измерения* — единица, которая в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы (например, миллиметр, микросекунда и др.). Для образования кратных и дольных единиц измерения используются специальные приставки (табл. 1.2).

Таблица 1.1

## Международная система единиц (СИ)

Величина	Обозначение		
	наименование	русское	международное
<i>Основные единицы измерений</i>			
Длина, $l$	метр	м	m
Масса, $m$	килограмм	кг	kg
Время, $t$	секунда	с	s
Сила электрического тока, $I$	ампер	А	A
Термодинамическая температура, $T, \Theta$	Кельвин	К	K
Сила света, $J$	кандела	кд	cd
Количество вещества, $n$	моль	моль	mol
<i>Дополнительные единицы измерений</i>			
Плоский угол, $\alpha, \beta, \gamma, \varphi$	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr

Таблица 1.2

## Образование кратных и дольных единиц измерений

Множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		русское	международное
$1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{18}$	экса	Э	E
$10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 - 10^{15}$	пета	П	P
$10\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 - 10^{12}$	тера	Т	T
$10\ 000\ 000\ 000 - 10^9$	гига	Г	G
$10\ 000\ 000 = 10^6$	мега	М	M
$1000 = 10^3$	кило	к	k
$100 = 10^2$	гекто	г	h
$10 = 10^1$	дека	да	da
$0,1 = 10^{-1}$	деци	д	d
$0,01 = 10^{-2}$	санتي	с	c
$0,001 = 10^{-3}$	мили	м	m
$0,000001 = 10^{-6}$	микро	мк	$\mu$
$0,000000001 = 10^{-9}$	нано	н	n
$0,000000000001 = 10^{-12}$	пи ко	п	P
$0,000000000000001 = 10^{-15}$	фемто	ф	f
$0,000000000000000001 = 10^{-18}$	атто	а	a

Обычно ФВ выражаются в абсолютных или относительных величинах. *Абсолютные величины* — это именованные числа, выраженные в определенных единицах измерения (вес, объем, длина, масса, скорость и т.д.)- *Относительные величины* показывают результат сравнения чисел и выражаются в процентах, частях и т.д. (например, 1% есть сотая часть от

общего числа). Число, согласно которому определяется относительная величина, называется *базой сравнения* (например, сравнивая максимальную и реальную мощность спортсмена, его реальная мощность составляет 75% от максимальной, которая в данном случае принята за базу сравнения).

### 1.5. Параметры, измеряемые в физической культуре и спорте

Наличие различных приборов и технических устройств, применяемых в исследованиях специалистами педагогических, биомедицинских и психологических дисциплин спорта, позволяет получать информацию более чем о 3000 отдельных параметров.

Все параметры, измеряемые в науке о спорте, подразделяются на четыре уровня:

- *интегральные*, отражающие суммарный (кумулятивный) эффект функционального состояния различных систем организма (например, спортивное мастерство);

- *комплексные*, относящиеся к одной из функциональных систем организма спортсмена (например, физическая подготовленность);

- *дифференциальные*, характеризующие только одно свойство системы (например, силовые качества);

- *единичные*, раскрывающие одну величину (значение) отдельного свойства системы (максимальная сила мышц).

Исследования показывают, что количество измеряемых комплексных параметров в спорте колеблется от 11 до 13 (табл. 1).

Данные табл. 1 свидетельствуют о плавно убывающем ряде соотношений частотности использования измеряемых в спорте параметров — различия между соседними цифрами незначительны. Обращает на себя внимание соотношение энергетико-функциональных и анатомо-морфологических параметров.

**Таблица 1. 3**

**Распределение частотности измеряемых в спорте комплексных параметров (за единицу приняты параметры состава тела)**

№ п/п	Комплексные параметры	Частотность
1.	Тренировочной нагрузки и восстановления (физиологические, физические, психические величины)	4,57
2.	Физической подготовленности (качества силы, быстроты, выносливости, ловкости и гибкости)	4,35

3.	Сердечно-сосудистой системы (движение сердца и крупных сосудов, движение крови в сердце и сосудах, биопотенциалы сердца)	3,09
4.	Размеров тела и конечностей (линейные и дуговые размеры тела)	2,92
5.	Технической подготовленности (статика, кинематика, динамика, время и ритмика спортивных движений)	2,60
6.	Дыхательной системы (легочные объемы, механика дыхания, газообмен)	2,48
7.	Биофизических и биохимических проб (кровь и лимфа, моча и кал, мокрота, пот и слюна)	2,43
8.	Нервно-мышечной системы (биоэлектрическая и биомеханическая деятельность мышц)	2,05
9.	Тактической подготовленности (соревновательная активность и эффективность действий)	1,91
10.	Отделов ЦНС (параметры головного мозга и отделов ЦНС)	1,82
11.	Системы анализаторов (зрительный, вестибулярный, тактильный, слуховой, двигательный)	1,41
12.	Внешней формы тела и пропорций (телосложение, осанка, стопа)	1,12
13.	Состава тела (содержание жира, удельный вес и плотность тела)	1,00

Параметры внешней формы и состава тела, используемые в спорте для диагностики физического состояния и в других целях, употребляются в 4,0—4,5 раза реже, чем параметры тренировочной нагрузки, восстановления и физической подготовленности. Довольно слабо используются при измерениях такие важные компоненты подготовки спортсменов, как параметры тактических действий, сравнительно редко применяются измерения, помогающие изучать параметры влияния внешних условий на тренировочный процесс: атмосферы, воды, почвы, помещения, естественных сил природы.

Основными измеряемыми и контролируемыми параметрами в спортивной медицине, тренировочном процессе и в научных исследованиях по спорту являются следующие:

- физиологические («внутренние»), физические («внешние») и психологические параметры тренировочной нагрузки и восстановления;
- параметры качеств силы, быстроты, выносливости, гибкости и ловкости;
- функциональные параметры сердечно-сосудистой и дыхательной систем;
- биомеханические параметры спортивной техники;

- линейные и дуговые параметры размеров тела.

Для изучения этих параметров и контроля за ними широко используется объемная номенклатура разнообразных способов, приемов и методов измерений следующих физических величин:

- силовых (это причины, вызывающие изменения в скорости и направлении движения тела: силы отталкивания, деформации, удары, броски и т.п., моменты сил и моменты вращения: раскачивания, размахивания, обороты и вращения при выполнении локомоторных и гимнастических упражнений; давление на спортивные снаряды и т.п.);

- величин, относящихся к скорости (расход количества энергии в течение заданного времени; скорость разгона, перемещения, остановки и изменения направления в двигательных действиях; ускорение линейное и угловое при выполнении упражнений);

- временных (промежутки времени и частота действий в единицу времени — момент времени, длительность действия, темп и ритм движений);

- геометрических (положение спортсмена: координаты расположения тела или его звеньев в заданной системе; размеры: расстояния между двумя заданными точками при измерении результатов в прыжках, метаниях и др., контуров или форм при измерении правильности вычерчивания обязательных фигур в фигурном катании; при измерении осанки и плоскостопия);

- характеризующих физические свойства (плотность, удельный вес тела человека; измерения влажности в спортивной гигиене; вязкость, твердость, пластичность костно-мышечной системы);

- количественных (масса и вес тела и отдельных его звеньев);

- характеризующих химический состав (этих величин слишком много, чтобы их можно было здесь перечислить);

- тепловых (температура тела и его теплопроводная способность, определяемая количеством тепла, выделяемого или поглощаемого телом при определенных условиях);

- радиационных (ядерная радиация — радиоизотопные методы измерения массы отдельных звеньев тела человека и сканирование; определение костного возраста юных спортсменов; фотометрические измерения скелета и т.п.);

- электрических (биопотенциалы различных органов: сердца, мышц, мозга и т.п.).

Одним из перспективных подходов к решению проблемы выявления наиболее информативных параметров и методов обследований спортсменов служит метод моделирования различных сторон подготовленности, основная цель которого — определение и научное обоснование конкретных количественных модельных характеристик

функциональной, технико-тактической, психологической подготовленности, при достижении которых данный спортсмен с наибольшей степенью вероятности может выиграть данные соревнования или установить рекорд.

## 1.6. Шкалы измерений

Привлекая к работе различные приборы и устройства, исследователь постоянно работает со шкалами.

Шкала (от лат. скале ~ лестница) — элемент счетной системы, посредством которого происходит отнесение исследуемого объекта к определенной группе объектов.

Понятие «шкала» употребляется в двух значениях. Во-первых, на шкале фиксируются показания отсчетного устройства прибора. В этом смысле шкала содержит набор определенных условных знаков. Указатель прибора, останавливаясь на каком-либо знаке, фиксирует изменение тех или иных измеряемых параметров. Например, шкала амперметра представляет собой линейку с делениями, каждое из которых соответствует определенному количеству ампер. Остановившись на делении 2А, указатель фиксирует силу тока в сети, равную двум амперам.

Промежуток между соседними отметками шкалы называется делением шкалы. Цена шкалы — это значение измеряемой величины, соответствующее расстоянию между двумя соседними делениями шкалы. Установление цены шкалы осуществляется посредством тарирования.

Шкала представляет собой определенную систему, осуществляющую классификацию объектов. В этом смысле может быть множество шкал в зависимости от количества упорядочивающих систем. Самыми распространенными и общепризнанными шкалами являются номинальная шкала, шкала порядка, интервальная шкала и шкала отношений.

По *номинальной шкале* (от лат. номе — имя) классифицируют объекты в соответствии с условными показателями. Например, спортсмены, участвующие в кроссе, одеты в майки разного цвета. Введем в качестве условных показателей семь цветов радуги. Подсчитаем, сколько спортсменов участвует в кроссе в майках каждого цвета. В этом случае перечисление семи цветов радуги есть номинальная шкала.

*Шкала порядка* — это ряд натуральных чисел, расположенных в восходящем или нисходящем порядке. На основе установленного порядка определяется классификация объектов. Например, при определении порядкового места для каждого объекта по исследуемому признаку в процессе выполнения какого-либо теста места распределились так: первое, второе, третье и т.д. — это и есть шкала порядка.

*Интервальная шкала* — это перечень объектов, разделенный на определенные интервалы: от ... до .... Объекты классифицируются в соответствии с этими интервалами. Например, первая группа состоит из

спортсменов ростом от 155 до 165 см, вторая — от 165 до 175 см, третья - от 175 до 185 см. Распределение спортсменов по трем группам является классификацией в соответствии со шкалой интервалов.

**Шкала отношений** применяется в частном случае, когда первый нижний показатель фиксируется. Например, рассмотрим рост всех людей от первичной возможной отметки 40 см до предельно возможного роста 240 см с интервалом 10 см. В этом случае уровнем отсчета шкалы отношений является нижний показатель — 40 см.

Итак, шкалы можно выстраивать по любой удобной системе, а также применять совокупность систем.

## 1.7. Точность измерений.

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно. Результат измерения неизбежно содержит погрешность, величина которой тем меньше, чем точнее метод измерения и измерительный прибор. Например, с помощью обычной линейки с миллиметровыми делениями нельзя измерить длину с точностью до 0,01 мм.

### *Основная и дополнительная погрешности*

Основная погрешность — это погрешность метода измерения или измерительного прибора, которая имеет место в нормальных условиях их применения.

Дополнительная погрешность — это погрешность измерительного прибора, вызванная отклонением условий его работы от нормальных. Понятно, что прибор, предназначенный для работы при комнатной температуре, будет давать неточные показания, если пользоваться им летом на стадионе под палящим солнцем или зимой на морозе. Погрешности измерения могут возникать и в том случае, когда напряжение электрической сети или батарейного источника питания ниже нормы или непостоянно по величине. К дополнительным относится и так называемая динамическая погрешность, обусловленная инерционностью измерительного прибора и возникающая в тех случаях, когда измеряемая величина колеблется необычно быстро. Например, некоторые пульсотаксометры (приборы для измерения частоты сердечных сокращений — ЧСС) рассчитаны на измерение средних величин ЧСС и не способны улавливать непродолжительные отклонения частоты от среднего уровня. Величины основной и дополнительной погрешностей могут быть представлены как в абсолютных, так и в относительных единицах.

### *Абсолютная и относительная погрешности*

Величина  $\Delta A = A - A_0$ , равная разности между показанием измерительного прибора (A) и истинным значением измеряемой величины ( $A_0$ ), называется

абсолютной погрешностью измерения. Она измеряется в тех же единицах, что и сама измеряемая величина.

На практике часто удобнее пользоваться не абсолютной, а относительной погрешностью. Относительная погрешность измерения бывает двух видов — действительной и приведенной. Действительной относительной погрешностью называется отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины:

$$\Delta A_{д} = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100 \%$$

Приведенная относительная погрешность — это отношение абсолютной погрешности к максимально возможному значению измеряемой величины:

$$\Delta A_{п} = \frac{\Delta A}{A_m} \cdot 100 \%$$

В тех случаях, когда оценивается не погрешность измерения, а погрешность измерительного прибора, за максимальное значение измеряемой величины принимают предельное значение шкалы прибора. В таком понимании наибольшее допустимое значение  $\Delta A_{д}$ , выраженное в процентах, определяет в нормальных условиях работы класс точности измерительного прибора. При этом учитывается только основная погрешность. Например, пульсотаксометры класса точности 1,0, рассчитанный на измерение ЧСС в диапазоне до 200 уд/мин, может в нормальных условиях работы вносить в измерение погрешность, равную  $200 \text{ уд/мин} \cdot 0,01 = 2 \text{ уд/мин}$ .

Относительные погрешности обычно измеряются в процентах. При этом знак абсолютной погрешности не учитывается: абсолютная погрешность может быть и положительной, и отрицательной, а относительная погрешность всегда положительна.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое единица измерения?
2. Перечислите основные показатели спортивной метрологии.
3. Приведите пример производных показателей спортивной метрологии.
4. Что такое шкала оценок?
5. Какие бывают шкалы?
6. Перечислите объекты измерений спортивной метрологии.
7. Что такое нормы и какие они бывают в ФКС?

## Лекция № 2. Статистические методы обработки результатов измерений

### План лекции:

1. Метод средних величин.
2. Функциональные и статистические взаимосвязи.
3. Корреляционное поле.
4. Оценка тесноты взаимосвязи.
5. Регрессия
6. Коэффициент корреляции Бравэ-Пирсона

В данной лекции будут рассмотрены методы обработки исходной информации, полученной в ходе измерений. Для того чтобы правильно применять эти методы и делать корректные выводы, необходимо понять роль статистики и значение приведенных методов.

Статистика представляет собой отрасль знаний, которая исследует совокупности массовых однородных явлений. Особенность этих явлений заключается, с одной стороны, в том, что они однородны, а с другой — отличаются друг от друга количественными показателями. Например, исследуя большую группу спортсменов одного возраста, пола, спортивной квалификации и стажа, необходимо измерить величину максимального потребления кислорода (МПК). В первом случае мы получим массовые однородные показатели, а во втором — индивидуальные показатели, где каждый показатель МПК соответствует конкретному спортсмену и отличается один от другого.

Таким образом, объектом исследования статистики будут массовые однородные явления, которые отличаются друг от друга, или, как принято говорить в статистике, варьируют по единичному показателю.

Предметом исследования статистики является оценка статистических совокупностей, где применяют специальные математико-статистические методы, которые имеют определенную цель при обработке своих результатов, а именно: измерения массовых статистических совокупностей заменяются такими показателями, от применения которых не происходит или почти не происходит потеря исходной информации. Таким образом, большие совокупности чисел заменяются несколькими параметрами, несущими в себе всю исходную информацию.

Сжатие информации до обозримых размеров позволяет проанализировать исследуемое явление и дать ему адекватную оценку, что невозможно осуществить при рассмотрении всей статистической совокупности. Кроме того, выявление параметров совокупности в ряде случаев позволяет установить природную закономерность в оценки исходных данных как в части ее конкретного анализа, так и при ее сравнении с другими совокупностями.

Все эти рассуждения имеют место в практике спортивных исследований. За редким исключением, исследования в физической культуре и спорте основаны на наблюдениях, эксперименте и тестировании. Значительная часть научных методов опирается на результаты измерений больших групп спортсменов. Так,

изначально практика ФКС располагает исходными данными в виде статистической совокупности, где ее единичные показатели отражают достижения конкретного спортсмена, а их варьирование свидетельствует об индивидуальном различии спортсменов по измеряемому показателю.

Итак, спортивная статистика — это наука о массовых однородных явлениях в практике ФКС.

## 2.1. Метод средних величин

Самым популярным методом статистики в практике физической культуры и спорта является метод средних величин, который состоит из трех основных этапов: 1) образование вариационных рядов на базе исходной статистической совокупности; 2) определение параметров вариационных рядов, характеризующих совокупность без потерь информации; 3) практическую реализацию найденных параметров.

Статистические совокупности предполагают большие массивы чисел: чем больше исходных данных, тем точнее конечный результат. В принципе практические совокупности имеют объем от 30 до 200 ед. Однако в практике спорта есть свои особенности.

Во-первых, на практике по определенному виду спорта чемпионов бывает ограниченное количество (8 — 10 человек). В этом случае используют статистические методы на малых совокупностях, справедливо полагая, что лучше установить закономерность на малой совокупности, чем вообще ее не иметь.

Во-вторых, в практике спорта не только спортсмены, но и сами явления бывают уникальны, поэтому совокупности могут быть малыми. Как бы там ни было, но принцип действия метода средних величин остается одинаковым и для больших, и для малых совокупностей.

Полученная на практике и представленная выше группа бессистемных чисел должна быть преобразована в систему, т.е. совокупность связанных между собой показателей, характеристики которой дадут представление о всей системе, а через нее — и о группе исходных данных.

С целью получения такой системы осуществим операцию ранжирования.

**Ранжирование** — это операция расположения чисел в порядке или возрастания, или убывания.

**Вариационный ряд** — это двойной столбец ранжированных чисел, где слева стоит собственно показатель — вариант, а справа — его количество — частота.

Сумма частот называется объемом совокупности, т.е. общим числом исходных данных. Сумма всех частот и представляет собой объем совокупности.

**Средняя арифметическая** величина  $\bar{x}$  — показатель среднего уровня, самого типичного и характерного для всего ряда — определяется по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

где,  $\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ .

Символ  $\sum_{i=1}^n x_i$  обозначает сумму всех значений  $x_i$ , когда  $i$  принимает значения от 1 до  $n$ .  $\sum$  -это знак суммирования, внизу и вверху которого указывают пределы суммирования («от» -«до»), а за знаком  $\sum$  -общий член последовательности, подлежащей суммированию; индекс  $i$  называется индексом суммирования.

**Дисперсия**  $\sigma^2$  указывает на варьирование, т.е. рассеивание исходных данных относительно средней арифметической величины (в квадрате).

Дисперсия определяется по формуле

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}$$

Если число измерений не более 30, т.е.  $n \leq 30$ , используется формула

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Эти формулы применяются, когда результаты представлены неупорядоченной (обычной) выборкой.

Из характеристик колеблемости наиболее часто используется среднее квадратическое отклонение, которое определяется как положительное значение корня квадратного из значения дисперсии, т.е.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

**Среднее квадратическое отклонение** (оно называется также стандартным отклонением) имеет те же единицы измерения, что и результаты измерения, т.е. характеризует степень отклонения результатов от среднего значения в абсолютных единицах. Однако для сравнения колеблемости двух и более

совокупностей, имеющих различные единицы измерения, эта характеристика не пригодна. Для этого используется коэффициент вариации.

**Коэффициент вариации** определяется как отношение среднего квадратического отклонения к среднему арифметическому, выраженное в процентах. Вычисляется он по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{X} \cdot 100 \%$$

В спортивной практике колеблемости результатов измерений в зависимости от величины коэффициента вариации считают небольшой (0-10%), средней (11-20%) и большой ( $V > 20\%$ ).

$$S_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Стандартная ошибка средней арифметической вычисляется по формуле: где, - стандартное отклонение результатов измерения, - объем выборки.

## 2.2. Функциональная и статистическая взаимосвязи

В спортивных исследованиях между изучаемыми показателями часто обнаруживается взаимосвязь. Вид ее бывает различным. Например, определение ускорения по известным данным скорости в биомеханике, закон Фехнера в психологии, закон Хилла в физиологии и другие характеризуют так называемую **функциональную взаимосвязь**, или зависимость, при которой каждому значению одного показателя соответствует строго определенное значение другого.

К другому виду взаимосвязи относят, например, зависимость веса от длины тела. Одному значению длины тела может соответствовать несколько значений веса и наоборот. В таких случаях, когда одному значению одного показателя соответствует несколько значений другого, взаимосвязь называют **статистической**.

Изучению статистической взаимосвязи между различными показателями в спортивных исследованиях уделяют большое внимание, поскольку это позволяет вскрыть некоторые закономерности и в дальнейшем описать их как словесно, так и математически с целью использования в практической работе тренера и педагога.

Среди статистических взаимосвязей наиболее важны **корреляционные** (от лат. *correlatio*— соотношение, соответствие). Корреляция заключается в том, что средняя величин, одного показателя изменяется в зависимости от значения другого. Статистический метод, который используется для исследования взаимосвязей, называется **корреляционным анализом**. Основной задачей его является определение формы тесноты и направленности изучаемых показателей. Корреляционный анализ позволяет исследовать только статистическую взаимосвязь. Он широко используется в теории тестов для оценки

надежности и информативности. Различные шкалы измерений, как будет показано дальше, требуют разных вариантов корреляционного анализа.

### 2.3. Корреляционное поле

Анализ взаимосвязи начинается с графического представления результатов измерений в прямоугольной системе координат. Предположим, что у шести испытуемых зарегистрирован такой показатель, как число подтягиваний на перекладине, до начала подготовительной периода тренировки ( $X$ ) и после его окончания ( $Y$ ). Запишем результат измерений:

Для этих результатов построю график, на оси абсцисс которого отложим результаты  $X$ , а на оси ординат — результаты  $Y$ . Таким образом, каждая пара результатов в прямоугольной системе координат будет отображаться точкой (рис. 1).

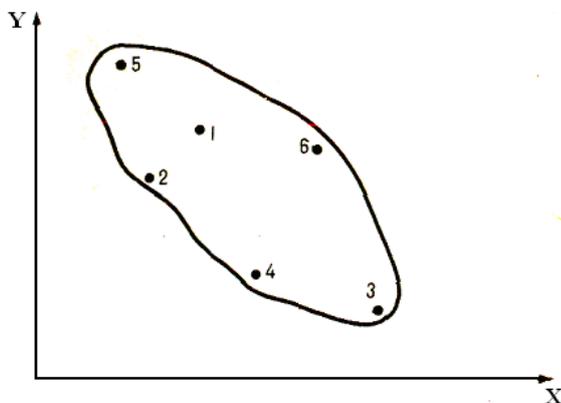


Рис. 1  
Корреляционное поле (линейная зависимость)

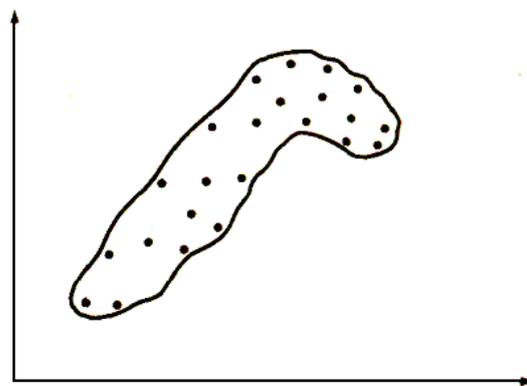


Рис. 2  
Корреляционное поле (нелинейная зависимость):  
по абсциссе — скорость ракетки, по ординате — скорость вылета мяча

Такая графическая зависимости называется диаграммой рассеяния или корреляционным полем. Визуальный анализ графика позволяет выявить форму зависимости (по крайней мере сделать предположение). В данном случае эта форма близка к обычной геометрической фигуре-эллипсу. Такую правильную форма мы будем называть линейной зависимостью или линейной формой взаимосвязи.

Однако на практике можно встретить и иную форму взаимосвязи (например, рис. 2.). Эта зависимость, экспериментально полученная при подачах в теннисе, является характерной для нелинейном формы взаимосвязи, или нелинейном зависимости.

Таким образом, визуальный анализ корреляционного поля позволяет выявить форму статистической зависимости — линейную или нелинейную. Это имеет существенное значение для следующего шага в анализе — выбора и вычисления соответствующего коэффициента корреляции.

## 2.4. Оценка тесноты взаимосвязи

Для оценки тесноты взаимосвязи в корреляционном анализе используется значение (абсолютная величина) специального показателя –коэффициента корреляции. Абсолютное значение любого коэффициента корреляции лежит в пределах от 0 до 1. Объясняют (интерпретируют) значение этого коэффициента следующим образом:

- коэффициент корреляции = 1,00 (функциональная взаимосвязь, так как значению одного показателя соответствует только одно значение другого показателя и поэтому никакой вариации на диаграмме рассеяния не наблюдается);
- коэффициент корреляции = 0,99-0,7 (сильная статистическая взаимосвязь);
- коэффициент корреляции = 0,69-0,5 (средняя статистическая взаимосвязь);
- коэффициент корреляции = 0,49-0,2 (слабая статистическая взаимосвязь);
- коэффициент корреляции = 0,19-0,09 (очень слабая статистическая взаимосвязь);
- коэффициент корреляции = 0,00 (корреляции нет).

На рис. 3 и 4 приведены примеры двух различных зависимостей.

Таким образом, значение (абсолютная величина) коэффициента корреляции, изменяясь в пределах от 0 до 1, позволяет оценивать тесноту взаимосвязи. Кроме тесноты нас будет интересовать и направленность взаимосвязи.

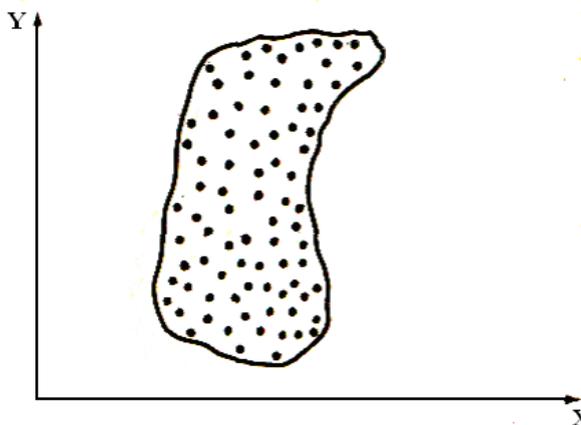


Рис. 3

Зависимость между становой силой и Результатом в толкании ядра ( $n = 80$ ). Пример очень слабой корреляционной зависимости. Коэффициент корреляции = 0,09.

По абсциссе — становая сила, по ординате результат толкания ядра.

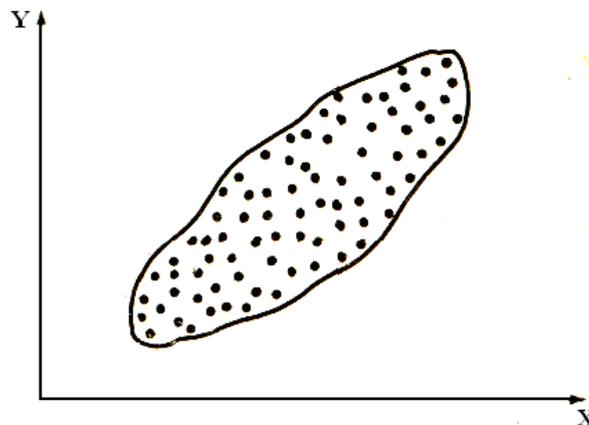


Рис. 4

Зависимость между результатами в толкании ядра разного веса ( $n = 80$ ). Пример сильной корреляционной зависимости. Коэффициент корреляции = 0,892.

По абсциссе — результат толкания ядра 5 кг, по ординате — результат толкания ядра 3 кг.

## 2.5. Регрессия

В практических исследованиях возникает необходимость аппроксимировать (описать приблизительно) диаграмму рассеяния математическим уравнением.

Для линейной зависимости это сделать просто: корреляционный эллипс можно заменить прямой линией (рис. 16). В прямоугольной системе координат уравнение прямой линии записывается в виде:

Это математическое выражение корреляционной зависимости называется уравнением регрессии. Коэффициенты  $a$  и  $b$  называются параметрами уравнения регрессии,  $a$  определяет отрезок, отсекаемый прямой линией на оси  $Y$ ,  $b$ —изменение  $Y$  при изменении  $X$  на единицу и называется также коэффициентом регрессии.

Уравнение регрессии тем лучше описывает зависимость, чем меньше рассеяние диаграммы, чем больше теснота взаимосвязи. Уравнение прямой линии пригодно для описания только линейных зависимостей. В случае нелинейных зависимостей математическая запись может отображаться уравнениями параболы, гиперболы и др.

В заключение необходимо сделать одно важное замечание о значении показателей, характеризующих взаимосвязь признаков (коэффициентов корреляции, регрессии и т. п.). Все они дают лишь количественную меру связи, но ничего не говорят о причинах зависимости. Определить эти причины — дело самого исследователя.

## 2.6. Коэффициент корреляции Бравэ-Пирсона

Рассмотрим прямолинейную корреляцию, отражаемую коэффициентом корреляции. Для отражения прямолинейной корреляционной связи двух признаков  $x_i$  и  $y_i$  выраженных в абсолютных единицах, используют парный коэффициент корреляции Бравэ-Пирсона, определяемый по следующей формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}) \cdot (y_i - \bar{Y})}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y}$$

где  $r$  — коэффициент корреляции между признаками  $x$  и  $y$ ;  $x_i, y_i$  — значения наблюдаемых величин  $x$  и  $y$ ;  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  — средние арифметические значения признаков показателей  $x$  и  $y$ ,  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  — средние квадратическое отклонения,  $n$  — число измерений (испытуемых).

Свойство коэффициента корреляции в том, что он не превышает единицы. Таким образом,  $-1 < r < 1$ .

Если принять во внимание абсолютное значение  $r$ , т.е. без учета знака, его возможные значения могут быть заключены в интервале  $0 \leq |r| \leq 1$ .

Этот интервал позволяет исследователю ориентироваться по тесноте взаимосвязи: чем ближе расчетный коэффициент к единице, тем теснее коррелируют признаки; чем ближе к нулю, тем меньше взаимосвязь.

В практике ФКС условно приняты следующие интервалы:

$0 \leq |r| \leq 0,3$ - связь слабая;  
 $0,3 \leq |r| \leq 0,7$ - связь средняя;  
 $0,7 \leq |r| \leq 1,0$ - связь тесная.

Кроме того, при расчете взаимосвязи и оценки показателей спортсменов высокой квалификации тренировочных воздействий тесная корреляция может быть равной 0,85 и выше. По знаку коэффициента корреляции определяется, какова корреляция — положительная или отрицательная.

В формуле (1) присутствуют значения наблюдаемых величин  $x_{i \cdot}$  и  $y_{i \cdot}$ . Их индекс указывает на то, что они представляют собой варьирующий признак. Следовательно, для практических расчетов все исходные данные должны быть представлены табличной а последовательность выполнения действий, отраженных формулой (1), выражена в графах таблицы.

### *Контрольные вопросы*

1. Перечислите характеристики положения и характеристики рассеяния
2. В чем отличие функциональной взаимосвязи от корреляционной?
3. Что представляет собой диаграмма рассеивания?
4. Для чего рассчитывается уравнение регрессии?
5. Как определяется теснота взаимосвязи между двумя показателями?
6. Перечислить разновидности коэффициентов корреляции

## **Лекция № 3. Математические основы теории тестов. Основы теории оценок.**

### **План лекции:**

- 1. Основные понятия теории тестов.**
- 2. Надежность тестов.**
- 3. Информативность тестов.**
- 4. Методы их оценки.**
- 5. Комплексные тесты.**
- 6. Проблема оценок в спорте Виды оценок.**
- 7. Шкалы оценок.**
- 8. Нормы**

### **3.1. Основные понятия теории тестов**

Тестирование (от англ. тест — проба, испытание, исследование) — это способ измерения свойств (психофизиологических, физических и т.д.), которые не имеют числового выражения. Таким образом, тестируемые свойства измеряются косвенным путем.

Способности человека, его творческий потенциал, психические особенности, моральные качества, тренированность, специальная работоспособность и многие другие качества непосредственного измерения не имеют. В этих случаях для оценки подобных свойств пользуются тестами.

В практике ФКС тестирование используется для контроля за состоянием спортсмена, т. е. производится систематическая оценка уровня тренированности испытуемого.

В ФКС применяются два вида тестирования: 1) тестирование детей, оценивая уровень их физической подготовленности, и 2) тестирование спортсменов при отборе на какой-либо вид спортивной деятельности. Тестируются также различные не моторные свойства: быстрота переработки информации, способности к комбинации тактических приемов, вариации техники и т.д.

Существует два принципиально разных подхода к тестированию как к научному методу. Эти подходы чаще всего называют европейским и американским тестированиями.

### **3.2. Надежность тестов**

Надежностью тестов называется степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же людей в одинаковых условиях. Вполне понятно, что полное совпадение результатов при повторных измерениях практически невозможно.

Вариацию результатов при повторных измерениях называют внутрииндивидуальной, внутригрупповой или внутриклассовой. Основными

причинами такой вариации результатов тестирования, которая искажает оценку истинного состояния подготовленности спортсмена, т.е. вносит определенную ошибку или погрешность в эту оценку, являются следующие обстоятельства:

1) случайные изменения состояния испытуемых в процессе тестирования (психологический стресс, привыкание, утомление, изменение мотивации к выполнению теста, изменение концентрации внимания, нестабильность исходной позы и других условий процедуры измерений при тестировании);

2) неконтролируемые изменения внешних условий (температура, влажность, ветер, солнечная радиация, присутствие посторонних лиц и т.п.);

3) нестабильность метрологических характеристик технических средств измерения (ТСИ), используемых при тестировании. Нестабильность может быть вызвана несколькими причинами, обусловленными несовершенством применяемых ТСИ: погрешностью результатов измерения из-за изменений напряжения сети, нестабильностью характеристик электронных измерительных приборов и датчиков при изменениях температуры, влажности, наличием электромагнитных помех и т.п. Следует отметить, что по этой причине погрешности измерений могут составлять значительные величины;

4) изменения состояния экспериментатора (оператора, тренера, педагога, судьи), осуществляющего или оценивающего результаты тестирования, и замена одного экспериментатора другим;

5) несовершенство теста для оценки данного качества или конкретного показателя подготовленности.

Для определения коэффициента надежности теста существуют специальные математические формулы.

**Таблица 3.1.**

**Градация уровней надежности тестов**

<b>Значения коэффициентов</b>	<b>Надежность</b>
0,99-0,95	Отличная
0,94-0,90	Хорошая
0,89-0,80	Средняя
0,79-0,70	Приемлемая
0,69-0,60	Низкая

Тесты, надежность которых меньше указанных в табл. 9 значений, использовать не рекомендуется.

Говоря о надежности тестов, различают их стабильность (воспроизводимость), согласованность, эквивалентность.

Под стабильностью теста понимают воспроизводимость результатов при его повторении через определенное время в одинаковых условиях. Повторное

тестирование обычно называют ретестом. Стабильность теста зависит от следующих компонентов:

- вида теста;
- контингента испытуемых;
- временного интервала между тестом и ретестом.

Для количественной оценки стабильности используется дисперсионный анализ по той же схеме, что и в случае расчета обычной надежности.

Согласованность теста характеризуется независимостью результатов тестирования от личных качеств лица, проводящего или оценивающего тест. Если результаты спортсменов в тесте, который проводят разные специалисты (эксперты, судьи), совпадают, то это свидетельствует о высокой степени согласованности теста. Это свойство зависит от совпадения методик тестирования у разных специалистов.

Когда создается новый тест, обязательно нужно проверить его на согласованность. Делается это так; разрабатывается уни-фицированная методика проведения теста, а потом два или более специалиста по очереди в стандартных условиях тестируют одних и тех же спортсменов.

Эквивалентность тестов. Одно и то же двигательное качество (способность, сторону подготовленности) можно измерить с помощью нескольких тестов. Например, максимальную скорость — по результатам пробегания с ходу отрезков в 10, 20 или 30 м. Силовую выносливость — по числу подтягиваний на перекладине, отжиманий в упоре, количеству подъемов штанги в положении лежа на спине и т.д.

Эквивалентность тестов определяется следующим образом: спортсмены выполняют одну разновидность теста и затем после небольшого отдыха — другую и т.д.

Если результаты оценок совпадают (например, лучшие в подтягивании оказываются лучшими и в отжимании), то это свидетельствует об эквивалентности тестов. Коэффициент эквивалентности определяется с помощью корреляционного или дисперсионного анализа.

Применение эквивалентных тестов повышает надежность оценки контролируемых свойств моторики спортсменов. Поэтому если нужно провести углубленное обследование, то лучше применить несколько эквивалентных тестов. Такой комплекс называется гомогенным. Во всех остальных случаях лучше использовать гетерогенные комплексы: они состоят из неэквивалентных тестов.

Не существует универсальных гомогенных или гетерогенных комплексов. Так, например, для слабо подготовленных людей такой комплекс, как бег на 100 и 800 м, прыжок в длину с места, подтягивание на перекладине, будет гомогенным. Для спортсменов высокой квалификации он может оказаться гетерогенным.

- До определенной степени надежность тестов может быть повышена путем:
- более строгой стандартизации тестирования;
  - увеличения числа попыток;

- увеличения числа оценщиков (судей, экспертов) и повышения согласованности их мнения;
- увеличения числа эквивалентных тестов;
- лучшей мотивации испытуемых;
- метрологически обоснованного выбора технических средств измерений, обеспечивающих заданную точность измерений в процессе тестирования.

### 3.3. Информативность тестов

Информативность теста — это степень точности, с которой он измеряет свойство (качество, способность, характеристику и т.п.), для оценки которого используется. В литературе до 1980 г. вместо термина «информативность» применялся адекватный ему термин «валидность».

В настоящее время информативность подразделяют (классифицируют) на несколько видов. Структура видов информации показана на рис. 4.

Так, в частности, если тест используется для определения состояния спортсмена в момент обследования, то говорят о диагностической информативности. Если же на основе результатов тестирования хотят сделать вывод о возможных будущих показателях спортсмена, тест должен обладать прогностической информативностью. Тест может быть диагностически информативен, а прогностически нет, и наоборот.

Степень информативности может характеризоваться количественно — на основе опытных данных (так называемая эмпирическая информативность) и качественная — на основе содержательного анализа ситуации (содержательная, или логическая, информативность). В этом случае тест называют содержательно, или логически, информативным на основе мнений экспертов-специалистов.

Факторная информативность — одна из очень частых моделей теоретической информативности. Информативность тестов по отношению к скрытому критерию, который искусственно составляется из их результатов, определяется на основе показателей батареи тестов при помощи факторного анализа.

Факторная информативность связана с понятием размерности тестов в том смысле, что число факторов вынужденно определяет и число скрытых критериев. При этом размерность тестов зависит не только от числа оцениваемых двигательных способностей, но и от остальных свойств моторного теста. Когда это влияние можно частично исключить, то факторная информативность остается подвижным модельным приближением теоретической или конструктивной информативности, т.е. валидности моторных тестов к двигательным способностям.

Простую или сложную информативность различают по числу тестов, для которых выбран критерий, т.е. для одного или двух и более тестов. С вопросами взаимного отношения простой и сложной информативности тесно связаны следующие три вида информативности. Чистая информативность выражает степень повышения сложной информативности батареи тестов, когда

данный тест включают в батарею тестов более высокого порядка. Параморфная информативность выражает внутреннюю информативность теста в рамках прогноза ода-ренности к определенной деятельности. Она определяется специалистами-экспертами с учетом профессиональной оценки одаренности. Ее можно определить как скрытую (для специалистов - «интуитивную») информативность отдельных тестов.

Очевидная информативность в значительной степени связана с содержательной и показывает, насколько очевидно содержание тестов для тестируемых лиц. Она связана с мотивацией испытуемых. Информативность внутренняя или внешняя возникает в зависимости от того, определяется ли информативность теста на основе сравнения с результатами других тестов или на основе критерия, который по отношению к данной батарее тестов является внешним.

Абсолютная информативность касается определения одного критерия в абсолютном понимании, без привлечения каких-либо других критериев.

Дифференциальная информативность характеризует взаимные различия между двумя или более критериями. Например, при выборе спортивных талантов может встретиться ситуация когда тестируемый проявляет способности к двум разным спортивным дисциплинам. При этом нужно решить вопрос, к какой из этих двух дисциплин он наиболее способен.

В соответствии с временным интервалом между измерением (тестированием) и определением результатов критерия различают два вида информативности - синхронную и диахронную. Диахронная информативность, или информативность к неодновременным критериям, может иметь две формы. Одной из них является случай, когда критерий измерялся бы раньше, чем тест - ретроспективная информативность.

Если говорить об оценке подготовленности спортсменов, то наиболее информативным показателем является результат в соревновательном упражнении. Однако он зависит от большого количества факторов, и один и тот же результат в соревновательном упражнении могут показывать люди, заметно отличающиеся друг от друга по структуре подготовленности. Например, спортсмен с отличной техникой плавания и относительно невысокой физической работоспособностью и спортсмен со средней техникой, но с высокой работоспо-собностью будут соревноваться одинаково успешно (при прочих равных условиях).

Для выявления ведущих факторов, от которых зависит результат в соревновательном упражнении, и используются информативные тесты. Но как узнать меру информативности каждого из них? Например, какие из перечисленных тестов информативны при оценке подготовленности теннисистов: время простой реакция, время реакции выбора, прыжок вверх с места, бег на 60 м? Для ответа на эти вопросы необходимо знать методы определения информативности. Их два: логический (содержательный) и эмпирический.

Логический метод определения информативности тестов. Суть этого метода определения информативности заключается в логическом

(качественном) сопоставлении биомеханических, физиологических, психологических и других характеристик критерия и тестов.

Предположим, что мы хотим подобрать тесты для оценки подготовленности высококвалифицированных бегунов на 400 м. Расчеты показывают, что в этом упражнении при результате 45 с примерно 72% энергии поставляется за счет анаэробных механизмов энергопродукции и 28 % - за счет аэробных. Следовательно, наиболее информативными будут тесты, позволяющие выявить уровень и структуру анаэробных возможностей бегуна: бег на отрезках 200—300 м с максимальной скоростью, прыжки с ноги на ногу в максимальном темпе на дистанции 100-200 м, повторный бег на отрезках до 50 м с очень короткими интервалами отдыха. Как показывают клиничко-биохимические исследования, по результатам этих заданий можно судить о мощности и емкости анаэробных источников энергии и, следовательно, их можно использовать в качестве информативных тестов.

Приведенный выше простой пример имеет ограниченное значение, так как в циклических видах спорта логическая информативность может быть проверена экспериментально. Чаще всего логический метод определения информативности используется в таких видах спорта, где нет четкого количественного критерия. Например, в спортивных играх логический анализ фрагментов игры позволяет вначале сконструировать специфический тест, а затем проверить его информативность.

Эмпирический метод определения информативности тестов при наличии измеряемого критерия. Ранее говорилось о важности использования единичного логического анализа для предварительной оценки информативности тестов. Эта процедура позволяет отсеять заведомо неинформативные тесты, структура которых мало соответствует структуре основной деятельности спортсменов или физкультурников. Остальные тесты, содержательная информативность которых признана высокой, должны пройти дополнительную эмпирическую проверку. Для этого результаты теста сопоставляют с критерием. В качестве критерия обычно используют:

- 1) результат в соревновательном упражнении;
- 2) наиболее значимые элементы соревновательных упражнений;
- 3) результаты тестов, информативность которых для спортсменов данной квалификации была установлена ранее;
- 4) сумму очков, набранную спортсменом при выполнении комплекса тестов;
- 5) квалификацию спортсменов.

При использовании первых четырех критериев общая схема определения информативности теста следующая.

А. Измеряются количественные значения критериев. Для этого необязательно проводить специальные соревнования. Можно, например, использовать результаты ранее прошедших соревнований. Важно только, чтобы соревнование и тестирование не были разделены длительным временным промежутком.

Если в качестве критерия предполагается использовать какой-либо элемент соревновательного упражнения, необходимо, чтобы он был наиболее информативным.

Рассмотрим методику определения информативности показателей соревновательного упражнения на следующем примере.

На чемпионате страны по лыжным гонкам на дистанции 15 км на подъеме крутизной 7\* регистрировали длину шагов и скорость бега. Полученные значения сравнили с местом, занятым спортсменом на соревнованиях (табл. 10).

**Таблица 3.2**

**Соотношения между результатами в лыжной гонке на 15 км, длиной шагов и скоростью на подъеме**

Длина шага, м	Скорость, м/с	Место в гонке	Ранги		Длина шага, м	Скорость, м/с	Место в гонке	Ранги	
			длины шагов	скорости				длины шагов	скорости
2,19	3,84	4-е	2	2	2,05	3,79	3-е	5	4
2,02	3,73	7-е	7	6	2,17	3,81	2-е	3	3
2,20	3,93	1-е	1	1	2,02	3,73	6-е	6	5
2,07	3,63	5-е	4	7	1,89	3,57	8-е	8	8

Уже визуальная оценка ранжированных рядов указывает, что высоких результатов на соревнованиях добились спортсмены с большей скоростью на подъеме и с большей длиной шага. Расчет ранговых коэффициентов корреляции подтверждает это: между местом на соревнованиях и длиной шага  $r = 0,88$ ; между местом на соревнованиях и скоростью на подъеме —  $0,86$ . Следовательно, оба эти показателя обладают высокой информативностью.

Необходимо отметить, что их значения также взаимосвязаны:  $r = 0,86$ .

Значит, длина шага и скорость бега на подъеме — эквивалентные тесты и для контроля соревновательной деятельности лыжников можно использовать любой из них.

Б. Следующий шаг — проведение тестирования и оценка его результатов.

В. Последний этап работы — вычисление коэффициентов корреляции между значениями критерия и тестов. Полученные в ходе расчетов наибольшие коэффициенты корреляции будут указывать на высокую информативность тестов.

Эмпирический метод определения информативности тестов при отсутствии единичного критерия. Эта ситуация наиболее типична для массовой физической культуры, где единичного критерия либо нет, либо форма его представления не позволяет использовать описанные выше методы для определения информативности тестов. Предположим, что нам необходимо составить комплекс тестов для контроля за физической подготовленностью студентов. С учетом того, что студентов в стране несколько миллионов и такой контроль должен быть массовым, к тестам предъявляются определенные

требования: они должны быть просты по технике, выполняться в простейших условиях и иметь несложную и объективную систему измерений. Таких тестов сотни, но нужно выбрать наиболее информативные.

Сделать это можно следующим способом: 1) отобрать несколько десятков тестов, содержательная информативность которых кажется бесспорной; 2) с их помощью оценить уровень развития физических качеств у группы студентов; 3) обработать полученные результаты на ЭВМ, используя для этого факторный анализ.

В основе этого метода лежит положение о том, что результаты множества тестов зависят от сравнительно небольшого количества причин, которые для удобства названы факторами. Например, результаты в прыжке в длину с места, метании гранаты, подтягивании, жиме штанги предельного веса, в беге на 100 и 5000 м зависят от выносливости, силовых и скоростных качеств. Однако вклад этих качеств в результат каждого из упражнений неодинаков. Так, результат в беге на 100 м сильно зависит от скоростно-силовых качеств и немного — от выносливости, жим штанги — от максимальной силы, подтягивание — от силовой выносливости и т.д.

Кроме того, результаты некоторых из этих тестов взаимосвязаны, так как в их основе лежит проявление одних и тех же качеств. Факторный же анализ позволяет, во-первых, сгруппировать тесты, имеющие общую качественную основу, и, во-вторых (и это самое главное), определить их удельный вес в этой группе. Тесты с наибольшим факторным весом считаются самыми информативными.

Наилучший пример использования такого подхода в отечественной практике представлен в работе В.М.Зациорского и Н.В.Аверковича (1982 г.). Было обследовано 108 студентов по 15 тестам. С помощью факторного анализа удалось выявить три наиболее важных для этой группы испытуемых фактора: 1) сила мышц верхних конечностей; 2) сила мышц нижних конечностей; 3) сила мышц брюшного пресса и сгибателей бедра. По первому фактору наибольший вес имел тест - отжимание в упоре, по второму - прыжок в длину с места, по третьему — поднимание прямых ног в висе и переходы в сед из положения лежа на спине в течение 1 минуты. Эти четыре теста из 15 обследованных и были наиболее информативными.

При оценке информативности конкретного теста необходимо учитывать факторы, в значительной степени влияющие на величину коэффициента информативности.

### **3.4 Методы их оценки.**

Для определения надежности теста применяются следующие методы: корреляционный анализ (при наличии только двух попыток) и дисперсионный анализ (более двух попыток) с вычислением внутриклассового коэффициента корреляции. Кроме того, необходимо отметить то, что различают следующие разновидности тестов: стабильность, согласованность и эквивалентность. Стабильность теста проявляется в степени совпадения результатов

тестирования, когда первое и последующие измерения разделены определенным интервалом времени. Согласованность теста выражается в независимости результатов тестирования от лица, проводящего тест. Эквивалентность тестов выражается в том, что ряд разных тестов может иметь общую задачу.

В ходе дисперсионного анализа при оценивании надежности теста рассчитывается значение общей вариации по формуле:

$$Q_{\text{общ}} = \sum \sum x^2 - \frac{(\sum \sum x_{\text{стр}})^2}{nK}$$

Значение межгрупповой вариации по формуле:

$$Q_{\text{меж}} = \frac{\sum (\sum x_{\text{столь}})^2}{n} - \frac{(\sum \sum x_{\text{стр}})^2}{nK}$$

Значение внутригрупповой вариации по формуле:

$$Q_{\text{внутр}} = \frac{\sum (\sum x_{\text{стр}})^2}{K} - \frac{(\sum \sum x_{\text{стр}})^2}{nK}$$

Значение остаточной вариации по формуле:

$$Q_{\text{остат}} = Q_{\text{общ}} - Q_{\text{меж}} - Q_{\text{внутр}}$$

Общая дисперсия по формуле:

$$\sigma_{\text{общ}}^2 = \frac{Q_{\text{общ}}}{N - 1}$$

Межгрупповая дисперсия по формуле:

$$\sigma_{\text{меж}}^2 = \frac{Q_{\text{меж}}}{K - 1}$$

Внутригрупповая дисперсия по формуле:

$$\sigma_{\text{внутр}}^2 = \frac{Q_{\text{внутр}}}{n - 1}$$

Остаточная дисперсия по формуле:

$$\sigma_{\text{остат}}^2 = \frac{Q_{\text{остат}}}{(n - 1)(K - 1)}$$

Для проверки гипотезы рассчитывается значение  $F_{\text{расчет}}$  по формуле:

$$F_{\text{расчет}} = \frac{\sigma_{\text{меж}}^2}{\sigma_{\text{остат}}^2}$$

Из таблицы приложения определяется  $F = \text{критерий}$  для  $\alpha = 0.05$ ,  $\nu_1 = K - 1$  и  $\nu_2 = (n - 1)(K - 1)$ .

И определяется влияние изучаемого фактора на результат:

$$\eta = \frac{Q_{\text{меж}}}{Q_{\text{общ}}}$$

Далее рассчитывается совместная дисперсия для вариации внутри групп и остаточной вариации:

$$\sigma_{\text{совм}}^2 = \frac{Q_{\text{меж}} + Q_{\text{остат}}}{(K - 1) + (n - 1)(K - 1)}$$

После этого можно рассчитывать внутриклассовый коэффициент корреляции (коэффициент надежности):

$$\tilde{\eta} = \frac{\sigma_{\text{внутр}}^2 - \sigma_{\text{совь}}^2}{\sigma_{\text{внутр}}^2 + \left(\frac{K}{K'} - 1\right)\sigma_{\text{соцм}}^2}$$

Информативность можно определить логически и эмпирически. Эмпирический метод определения информативности состоит в сопоставлении результатов тестирования с критерием. То есть между ними рассчитывается коэффициент корреляции, который в данном случае будет называться коэффициентом информативности и рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y}$$

Для расчета которой сначала необходимо рассчитать средние арифметические значения обоих показателей

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

И среднеквадратические отклонения

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}}$$

Достоверность коэффициента корреляции определяется по формуле

$$t_{\text{расчет}} = r \frac{\sqrt{n - 1}}{\sqrt{1 - r^2}}$$

Полученное значение сравнивают со значением  $t_{\text{крит}}$ , полученным по таблице для  $n = 10$  и  $\alpha = 0.05$ .

В качестве критерия берется показатель, заведомо и бесспорно отражающий то свойство, которое собираются измерить в тесте. Критерием может служить спортивный результат, наиболее значимый элемент соревновательного упражнения, квалификация спортсмена и т.д.

### 3.5 Комплексные тесты.

Чаще всего используется не один, а несколько тестов, имеющих единую конечную цель (например, оценку состояния спортсменов в соревновательном периоде тренировки). Такая группа тестов называется комплексом или батареей тестов.

Если для оценки какого-либо качества используется серия однотипных тестов, может использоваться так называемый метод параллельных форм, когда испытуемому предлагают выполнить две разновидности одного и того же теста

и затем оценивают степень совпадения результатов. Рассчитанный между результатами тестирования коэффициент корреляции называют коэффициентом эквивалентности.

Если все тесты, входящие в какой-либо комплекс тестов, высокоэквивалентны, он называется гомогенным. То есть тесты, входящие в такой комплекс, направлены на изучение какого-либо свойства. И наоборот, если в комплексе нет эквивалентных тестов, то все тесты, входящие в него, измеряют разные свойства и такой комплекс называется гетерогенным.

### **3.6 Проблема оценок в спорте Виды оценок.**

Спортивные достижения, как правило, выражаются в абсолютных числах (метр, секунда, килограмм и т.д.). Для того чтобы иметь возможность сравнить между собой показатели разных спортсменов или оценить суммарный результат одного спортсмена по разным видам спорта (например, в многоборье), такие показатели переводят в относительные числа (очки, баллы и др.). Процесс перевода абсолютных величин в относительные называется оцениванием, а полученные относительные числа — оценками.

Различают учебные оценки, которые выставляет преподаватель ученикам в ходе учебного процесса, и квалификационные, под которыми понимают все прочие виды оценок. Большой разницы между учебными и квалификационными оценками нет, однако процедура квалификационного оценивания является более сложной.

Квалификационное оценивание проводят в два этапа. Сначала спортивные результаты превращают на основе шкал оценок в очки. Затем сравнивают набранные очки с установленными нормами и, по результатам сравнения, определяют итоговую оценку.

### **3.7. Шкалы оценок**

Оценивание осуществляется на основе определенных математических правил и отражается в шкале оценок, которая позволяет выявить, скольким очкам (баллам и др.) соответствует определенное число единиц спортивного результата. Таким образом, процесс оценивания представляет собой перевод абсолютных показателей в относительные посредством шкалы оценок.

В практике принято использовать четыре типа шкал оценок (рис. 1.2).

Каждый из четырех графиков отражает принцип назначения очков. Так, на графике 1 прирост результатов равен приросту очков, так называемая пропорциональная шкала; на графике 2-показана регрессирующая шкала - по мере возрастания результата количество очков назначается все меньше и меньше; на графике 3 демонстрируется прогрессирующая шкала — по мере возрастания

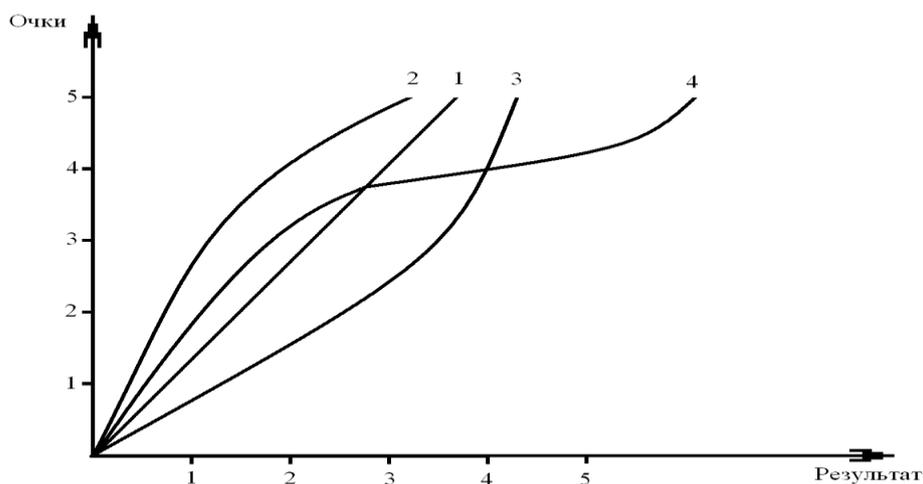


Рис. 1. Типы шкал оценок (в условных единицах):  
 1 — пропорциональная; 2 — регрессирующая; 3 — прогрессирующая; 4- сигмовидная

результата очков назначается все больше и больше; на графике 4 отражена сигмовидная шкала – она изображает фактически два участка: первый участок работает как график 2, а второй — как график 3.

### 3.8. Нормы

Основные показатели спортивной метрологии часто представляются в виде норм. Норма (от лат. норма — руководящее начало, правило, образец) — предельно допустимые границы явления, в которых оно оптимально.

Например, для мужчин — кандидатов в мастера спорта (КМС) по плаванию вольным стилем в пятидесятиметровом бассейне разрядная норма соответствует пределам от 58,5 до 55,0 с, т.е. любой результат, находящийся в данных пределах, является оптимальным для КМС и может быть определен как норма.

Норматив — это границы нормы. В приведенном примере нормативы составили от 58,5 до 55,0 с. Нормирование ~ это процесс определения нормы и назначения норматива. В примере нормирование заключается в том, чтобы научно обосновать пределы нормативов от 58,5 до 55,0 с.

В практике ФКС приняты разрядные, индивидуальные, сопоставительные и должные нормы.

Разрядные нормы — это предельно допустимые границы спортивных достижений, в рамках которых определяется спортивный разряд.

Индивидуальные нормы — это границы или спортивных достижений, или функциональных показателей, характерные для конкретного индивида (например, у конкретного спортсмена давление обычно находится в пределах от 120/170 до 130/180 мм рт. ст.).

Сопоставительные нормы ~ границы значений одного и того же признака для разных контингентов. В частности, существуют возрастные нормы. Например, скоростные способности мальчиков 16 лет в беге на 30 м оцениваются по

следующим показателям: от 5,2 с и выше — низкая норма; от 5,1 до 4,8 с — средняя; до 4,8 с — высокая норма.

Должные нормы — предельно допустимые границы показателей каких-либо свойств спортсмена, определяющие должное выполнение двигательного задания. Так, для эффективного выполнения прыжка в воду прыгуну необходимо показать наклон вперед от 15 до 18 см ниже уровня гимнастической скамейки.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое тест, тестирование, результат тестирования?
2. Что такое надежность? Назовите разновидности надежности
3. Что такое информативность? Ее разновидности
4. Методы определения информативности и надежности тестов
5. Что такое оценка? Шкалы оценок
6. Методы оценивания комплексных тестов
7. Что такое норма? Разновидности норм

## Лекция № 4. Квалиметрия, или методы количественной оценки качества показателей

### План лекции:

1. Основные понятия квалиметрии.
2. Метод экспертных оценок
3. Метод анкетирования

#### 4.1. Основные понятия квалиметрии

**Квалиметрия** — это совокупность статистических методов, пригодных для оценки исходных данных, выраженных атрибутивно, т. е. не числом.

Идея квалиметрических методов состоит в том, что исходные данные выражаются через определенные числа, с которыми впоследствии и производятся расчеты.

В практике ФКС часто возникают ситуации, связанные с работой подобных данных. Следует сказать, что основное понятие теории ФКС — тренированность — является атрибутивным. Многие педагогические понятия, например «эффективность выполнения двигательного задания», «техничко-тактическое мастерство спортсмена», «красота представления спортивных упражнений» и др., являются атрибутивными понятиями.

Существует два принципиальных подхода к оценке атрибутивных явлений:

*квалиметрические методы* — по определенным правилам наделяются некоторым численным выражением, с которым впоследствии происходят преобразования;

*тестирование* — оценивается качеством выполнения определенных заданий.

В данном учебном пособии рассматриваются пять квалиметрических методов. Эти методы весьма разноплановы. Задача исследователя состоит в том, чтобы располагать общим объемом квалиметрических методов, а в конкретной исследовательской ситуации уметь применить адекватный метод.

#### 4.2. Метод экспертных оценок

Экспертной называется оценка, получаемая путем выяснения мнений специалистов. Эксперт "(от лат. expertus - опытный) - сведущее лицо, приглашаемое для решения вопроса, требующего специальных знаний. Этот метод позволяет с помощью специально выбранной шкалы произвести требуемые измерения субъективными оценками специалистов-экспертов. Такие оценки - случайные величины, они могут быть обработаны некоторыми методами многомерного статистического анализа.

Как правило, экспертное оценивание, или экспертиза, проводится в виде опроса, или анкетирования, группы экспертов. Анкетой называется опросный лист, содержащий вопросы, на которые нужно ответить письменно. Техника экспертизы и анкетирования — это сбор и обобщение мнений отдельных людей.

Девиз экспертизы — «Ум хорошо, а два лучше!» Характерные примеры экспертизы: судейство в гимнастике и фигурном катании на коньках, конкурс на звание лучшего по профессии или лучшую научную работу и т. п.

К мнению специалистов обращаются всякий раз, когда осуществить измерения более точными методами невозможно или очень трудно. Порой лучше получить приблизительное решение немедленно, нежели долго искать пути точного решения. Но субъективная оценка значительно зависит от индивидуальных особенностей эксперта: квалификации, эрудиции, опыта, личных вкусов, состояния здоровья и т.п. Поэтому индивидуальные мнения рассматриваются как случайные величины и обрабатываются статистическими методами. Таким образом, современная экспертиза — это система организационных, логических и математико-статистических процедур, направленных на получение от специалистов информации, и ее анализ с целью выработки оптимальных решений. И лучший тренер (педагог, руководитель и т.п.) тот, который опирается одновременно на собственный опыт, на данные науки, на знания других людей.

Методика групповой экспертизы включает в себя: 1) формулировку задач; 2) отбор и комплектование группы экспертов; 3) составление плана экспертизы; 4) проведение опроса экспертов; 5) анализ и обработку полученной информации.

Подбор экспертов - важный этап экспертизы, так как достоверные данные можно получить не от всякого специалиста. Экспертом может быть человек: 1) обладающий высоким уровнем профессиональной подготовки; 2) способный к критическому анализу прошлого и настоящего и к прогнозированию будущего; 3) психологически устойчивый, не склонный к соглашательству.

Есть и другие важные качества экспертов, но указанные выше должны быть обязательно. Так, например, профессиональная компетентность эксперта определяется: а) по степени близости его оценки к среднегрупповой; б) по показателям решения тестовых задач.

Для объективной оценки компетентности экспертов могут (быть составлены специальные анкеты, отвечая на вопросы которых в течение строго определенного времени кандидаты в эксперты должны продемонстрировать свои знания. Кроме того, полезно предложить им заполнить анкету самооценки своих Знаний. Опыт показывает, что люди с высокой самооценкой ошибаются меньше других.

Другой подход к отбору экспертов основан на определении эффективности их деятельности. Абсолютная эффективность деятельности эксперта определяется отношением числа случаев, когда эксперт верно предсказал дальнейший ход событий, к общему числу экспертиз, проведенных данным специалистом. Например, если эксперт участвовал в 10 экспертизах и 6 раз его точка зрения подтвердилась, то эффективность деятельности такого эксперта равна 0,6. Относительная эффективность деятельности эксперта — это отношение абсолютной эффективности его деятельности к средней абсолютной эффективности деятельности группы экспертов. Объективная оценка пригодности эксперта определяется по формуле:  $M = (M - \text{Мист})$ ,

где Мист — истинная оценка; М — оценка эксперта. Желательно иметь однородную группу экспертов, но если это не удастся, то для каждого из них вводится ранг. Очевидно, что эксперт представляет тем большую ценность, чем

выше показатели его деятельности. Для повышения качества экспертизы стараются повысить квалификацию экспертов путем специального обучения, тренировок и ознакомления с возможно более обширной объективной информацией по анализируемой проблеме. Судей во многих видах спорта можно рассматривать как своеобразных экспертов, оценивающих мастерство спортсмена (например, в гимнастике) или ход поединка (например, в боксе).

### 4.3. Метод анкетирования

*Анкетирование* относится к статистическому методу, который Позволяет выявить мнение множества людей об изучаемом объекте. Метод называется статистическим, так как исследователь набирает большое количество ответов: чем больше ответов, тем надежнее полученный результат. Идея метода заключается в том что испытуемые, называемые респондентами, заполняют анкету, по результатам которой и происходит выявление их мнения.

*Анкета* представляет собой опросный лист, в который вносятся ответы респондента на поставленные вопросы. Вопросы в анкете должны быть краткими, понятными респонденту и иметь точное представление о цели исследования. Анкета состоит из двух частей: демографической и основной.

Демографическая часть анкеты содержит вопросы, характеризующие личность респондента: имя, возраст, пол, социальное положение, адрес и т.д. Основная часть анкеты содержит вопросы, ответы на которые позволяют решить основную задачу исследования.

Характер вопросов определяет вид анкетирования.

Прямое анкетирование включает такие вопросы, которые требуют прямых ответов от респондента об объекте исследований, например: «Что вы думаете о методе вашей тренировки?», «Нравится ли вам программа наших занятий?», «Любите ли вы баскетбол?» и т.д.

Косвенное анкетирование предполагает вопросы, ответы на которые может выбрать респондент, например: «Улучшит или ухудшит программу введение новых упражнений?», «Какой, по вашему мнению, будет эффект от увеличения объема нагрузки: положительный или отрицательный?», «Как вы оцениваете новый комплекс упражнений: а) эффективный, б) неэффективный или в) малозначимый?» и т.д.

Безусловное анкетирование содержит вопросы, предполагающие прямые ответы без каких-либо условий, например: «Проводили ли вы тестирование своих учеников?», «Работаете ли вы по собственной программе?», «Делаете ли вы утреннюю зарядку?» и т.д.

Условное анкетирование включает вопросы, предполагающие ответы респондента при соблюдении определенных условий, например: «Следует ли изменить характер занятий, если тестирование покажет существенное изменение в уровне выносливости?», «Следует ли проводить спортивные соревнования в начале учебного года, если ученики еще не занимались в секциях?» и т.д.

Открытое анкетирование предполагает такие вопросы, ответы на которые не имеют никаких ограничений, например: «Что вы думаете о спорте?», «Каково ваше мнение о последнем футбольном матче?» и т.д.

Закрытое анкетирование содержит такие вопросы, которые перечисляют возможные ответы. Респондент должен подчеркнуть нужные вопросы, т.е. выбрать из предлагаемого, например: «Какой вид спорта вам нравится больше всего: футбол, плавание, легкая атлетика?», «Какие виды спортивной работы вы предпочитаете:

спортивные игры, занятия на тренажерах, единоборства?», «Любите ли вы заниматься спортом: индивидуально, в малой группе, в коллективе?» и т. д.

Очное анкетирование — способ заполнения анкеты респондентом в присутствии исследователя. В этом случае исследуемый имеет возможность проконсультироваться по вопросам заполнения анкеты, выяснить мнение других респондентов и т.д.

Заочное анкетирование — способ заполнения анкеты по усмотрению респондента. Анкета отправляется по почте.

Индивидуальное анкетирование ~ способ работы респондента, когда анкета заполняется одним лицом.

Групповое анкетирование — способ работы респондентов, когда анкета заполняется группой лиц.

Персональное анкетирование предполагает заполнение анкеты, когда в ее демографической части требуются паспортные данные респондента.

Анонимное анкетирование проводится без записи паспортных данных, что позволяет респонденту быть полностью откровенным в ответах на любые вопросы.

После проведения анкетирования происходит подсчет голосов респондентов, т.е. подводится итог анкетирования, на базе которого определяется изучаемый объект. Подсчитанные голоса должны быть занесены в специальную таблицу — матрицу, размер которой полностью зависит от демографической и основной частей.

Пример 3.6. Анкета состоит из двух частей: демографическая часть— «Ваш возраст», основная часть — «Хотите ли вы заниматься футболом?» Анкету заполнили 130 респондентов (табл. 3.8). Постройте матрицу.

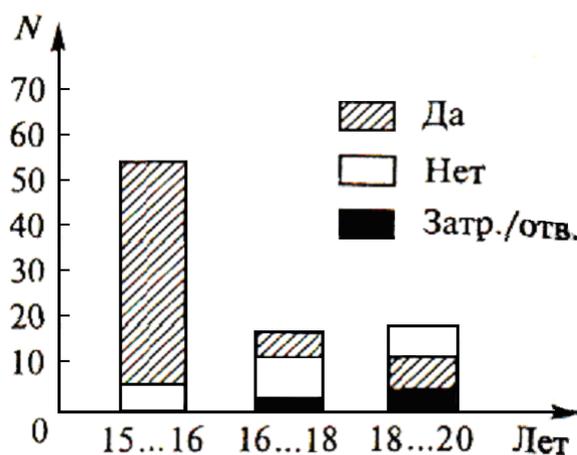
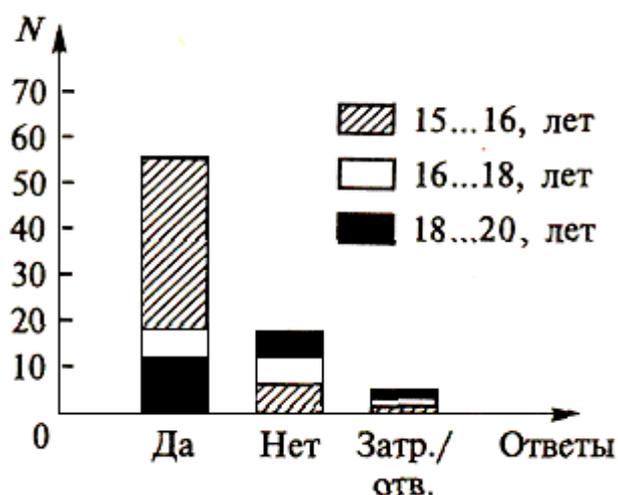
По данным, приведенным в табл. 3.8, видно, что демографическая часть формирует столбцы, а основная — строки. В целом образуется матрица, сложность которой полностью зависит от воли исследователя.

Матрица практически всегда сопровождается графическим изображением. Например, для примера 3.6 ответы нагляднее всего можно представить в виде гистограммы по ответам (рис. 3.6).

Таблица 4.1

## Анализ анкетных данных

Основная часть	Демографическая часть			Всего респондентов
	15... 16, лет	16... 18, лет	18...20, лет	
	Респонденты			
Да	55	18	12	85
Нет	7	12	18	37
Затрудняюсь ответить	1	3	4	8
Итого	63	33	34	130



Гистограмма может быть построена по возрастам (рис. 3.7). Более сложные матрицы отражаются полигоном.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое квалиметрия?
2. Что такое экспертиза, эксперт, экспертная оценка?
3. Как оценивается эффективность работы экспертов?
4. Разновидности экспертной оценки
5. В чем заключается метод анкетирования?

## Лекция № 5. Метрологические основы за технической и тактической подготовленностью спортсменов

### План лекции:

1. Метрологический контроль за технической подготовленностью спортсменов.
2. Контроль за тактической подготовленностью в физической культуре и спорте.
3. Метрологические основы контроля за тренировочными и соревновательными нагрузками.

### 5.1. Метрологический контроль за технической подготовленностью спортсменов

Контроль за технической подготовленностью, или, что то же самое, за техническим мастерством (ТМ), заключается в оценке того, что умеет делать спортсмен и как он выполняет освоенные движения (рис 1)

Различают два основных метода контроля за ТМ: визуальный и инструментальный.

Первый является наиболее распространенным методом вообще и одним из основных в спортивных играх, единоборствах, гимнастике, фигурном катании на коньках и некоторых других видах спорта.



Рис. 1. Показатели технического мастерства спортсменов

В игровых видах спорта и в единоборствах возможности оценки ТМ с помощью специальных тестов ограничены: показатели, измеренные в процессе тестирования (например, определение точности и дальности передач, точности

ударов в ворота), как правило, неинформативны. Коэффициенты корреляции между точностью выполнения этих приемов в тестах и в соревнованиях (играх, боксерских поединках и т. д.) обычно близки к нулю. И это понятно, так как условия выполнения приемов и действий в соревновательной обстановке резко отличаются от условий во время тестирования.

Поэтому по результатам таких тестов, как правило, нельзя предсказывать эффективность соревновательной деятельности. Однако тесты ТМ все же полезны. Они позволяют определить уровень ТМ в условиях, когда нет сбивающего влияния соревновательных факторов.

Визуальный контроль за ТМ проводится двумя способами: 1) в ходе непосредственных наблюдений за действиями спортсмена и 2) с помощью видео - магнитофонной техники. Второй способ в последнее время становится все более распространенным. Это связано с возможностью:

- 1) документально зафиксировать движения спортсмена;
- 2) при систематической видеозаписи иметь видеотеку движений и анализировать их технику в динамике;
- 3) использовать стоп -кадр, а также замедленно показывать действия, что повышает достоверность их анализа;
- 4) устранить влияние соревновательной обстановки на процесс наблюдения. Даже самый опытный эксперт, наблюдая за действиями спортсмена на соревнованиях, может ошибаться вследствие эмоционального возбуждения, увлеченности каким-то моментом и т. д.

Инструментальный контроль за ТМ предназначен для измерения биомеханических характеристик техники. Регистрации подлежат время, скорость и ускорение движения в целом или отдельных его фаз (рис. 2), усилия, развиваемые при выполнении движений (рис. 3), положение тела или его сегментов. Зарегистрированные показатели подвергаются анализу (графоаналитическому, математико-статистическому и т. п.), Результаты которого используются как критерии эффективности спортивной техники.

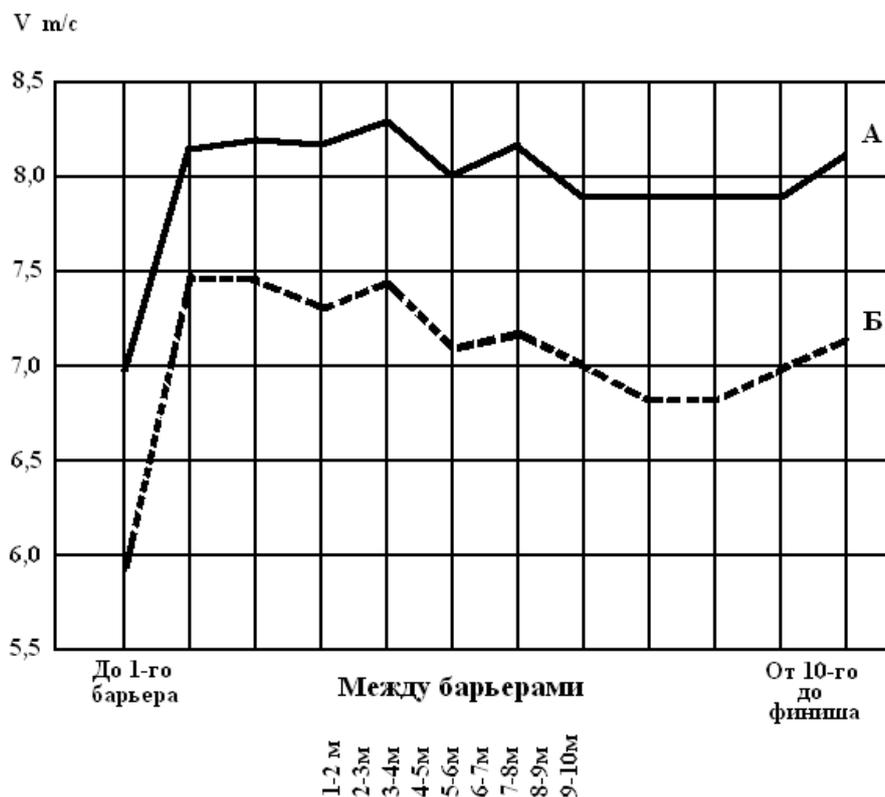


Рис. 2. Динамика скорости в барьерном беге на 110 м у спортсменов высокой (А) и низкой (Б) квалификации.

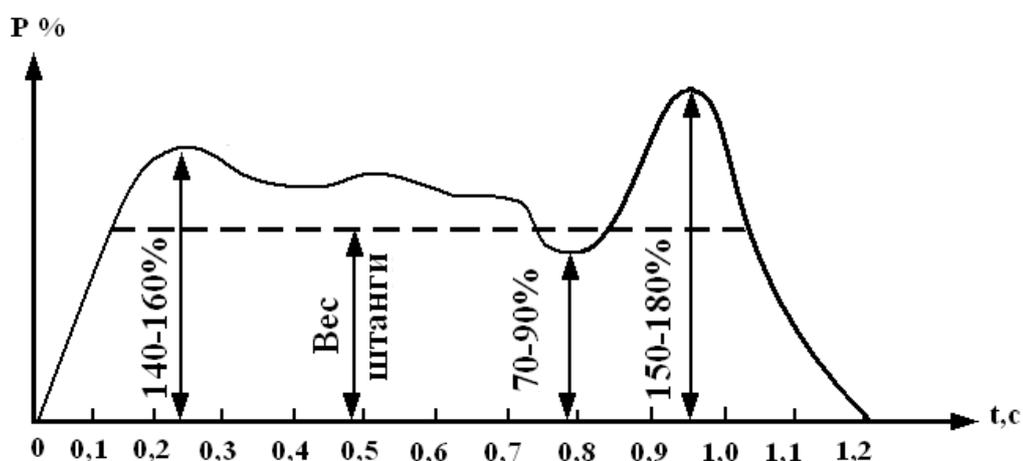


Рис. 3. Сила, проявленная при подъеме штанги до подседа: P- сила в % от веса штанги, t-время.

## 5.2 Контроль за тактической подготовленностью в физической культуре и спорте.

Углубленный анализ результатов соревновательной деятельности непосредственно связан с контролем за тактической подготовленностью (тактическим мастерством) спортсмена.

Тактикой называется совокупность способов ведения спортивной борьбы. Элементами тактики являются тактические ходы: технико-тактические действия, а

также приемы психологического воздействия на соперника, выбора позиции и маскировки намерений. Комбинации тактических ходов называются тактическими вариантами.

Тактические ходы и варианты реализуются посредством двигательной деятельности, но выбор их результат мыслительной деятельности спортсмена. Поэтому при тестировании тактического мастерства не только фиксируется эффективность технико-тактических действий, но и проверяется тактическое мышление. Тактическим Мышлением называется способность быстро оценивать ситуацию и принимать решение.

Во всех видах спорта основой для выбора показателей, измеряемых при контроле тактического мастерства, являются данные о структуре соревновательного упражнения. Вместе с тем, в разных видах спорта метрологические вопросы спортивной тактики решаются по-разному.

Это объясняется неодинаковой структурой соревновательной деятельности и несовпадением критериев оптимальной тактики. Оптимальным считается тот тактический вариант, который обеспечивает наибольшее (наименьшее) значение критерия оптимальности.

Выделяют пять групп таких показателей. Это показатели объема разносторонности, рациональности, эффективности и освоенности тактики. В принципе они аналогичны показателям, используемым для оценки технического мастерства спортсменов.

Общим объемом тактики называется перечень тактических ходов и вариантов, которыми владеет спортсмен или команда. Соревновательным объемом тактики называются тактические ходы и варианты, которые используются в условиях соревнований. Как правило, соревновательный объем тактики меньше общего объема, причем тем меньше, чем ответственнее соревнования.

Разносторонность тактики показывает, насколько разнообразен тактический арсенал спортсмена или команды. Например, одна из многочисленных классификаций тактических ходов делит их на монотонные, острые, дезинформирующие и страховочные. Монотонным называют тактический ход, лишенный элемента неожиданности и потому не оказывающий решающего влияния на результат состязания.

Различают общую и соревновательную разносторонность тактики. Нередко на тренировочных занятиях спортсмены демонстрируют разнообразную тактику, а соревновательный арсенал тактических ходов и вариантов оказывается весьма бедным . и притом состоящим преимущественно из монотонных ходов. Это свидетельствует о недостаточно высокой тактической подготовленности спортсменов.

Эффективностью и рациональностью тактического варианта (хода) характеризуется возможность достижения поставленной цели при условии применения данного варианта.

Рациональность характеризует тактический ход (вариант) безотносительно к конкретному спортсмену. Известно, например, что, острые тактические ходы чаще приносят успех, чем монотонные

В видах спорта с объективно измеряемыми результатами существует две разновидности тактики, в зависимости от того, какую цель ставит спортсмен перед собой: показать наилучший для себя результат или выиграть данные соревнования у вполне конкретных противников (установка «на результат» или «на выигрыш»).

При второй установке не существует рациональных вариантов тактики, пригодных на все случаи. Все зависит от индивидуальных особенностей спортсмена и его противников. Что же касается первой установки, то здесь возможны рациональные варианты, при которых с наибольшей вероятностью будет показан наилучший результат.

Эффективность тактики характеризует тактическое мастерство конкретного спортсмена. Тактика тем эффективнее, чем ближе она к индивидуально оптимальному (рациональному) варианту.

Простейший способ контроля за эффективностью тактических вариантов совпадает с контролем за результативностью отдельных технико-тактических действий. В идеале каждый тактический прием должен выполняться успешно. И потому результативность (успешность) того или иного тактического варианта определяется как процент случаев успешного применения данного варианта.

### **5.3. Основы метрологического контроля за тренировочной и соревновательной деятельностью.**

Контроль и планирование нагрузок являются важнейшими элементами спортивной тренировки. Конкретные показатели, используемые при контроле, многообразны. Это объясняется тем, что в каждом виде спорта состав тренировочных средств включает в себя десятки, а то и сотни упражнений. Оценить каждое из них и выбрать наиболее эффективные — вот одна из основных задач контроля за нагрузками.

В основе решения этой задачи лежит классификация тренировочных средств — распределение их на группы по определенным признакам (характеристикам). Целесообразно использовать следующие характеристики.

Специализированность, т. е. меру сходства данного тренировочного средства с соревновательным упражнением.

Направленность, которая проявляется в воздействии тренировочного упражнения на развитие того или иного двигательного качества.

Координационную сложность, влияющую на величину тренировочных эффектов.

Величину, определяющую степень воздействия упражнения на организм спортсмена.

Учитываются также условия, в которых проходят тренировочные занятия (например, условия среднегорья, температура и влажность воздуха).

***Контрольные вопросы:***

1. Какие показатели включает в себя техническое мастерство спортсмена?
2. Что такое объем техники?
3. Что такое разносторонность техники?
4. Что такое эффективность техники?
5. Что такое тактика? Назовите ее основные показатели.

## **Лекция № 6. Основы контроля за физической подготовленностью спортсменов**

### **План лекции:**

- 1. Общие требования к контролю**
- 2. Контроль за скоростными качествами**
- 3. Контроль за силовыми качествами**
- 4. Контроль за уровнем развития выносливости**
- 5. Контроль за гибкостью**
- 6. Контроль за ловкостью**

### **6.1. Общие требования к контролю**

Контроль за физической подготовленностью включает измерение уровня развития скоростных и силовых качеств, выносливости, ловкости, гибкости, равновесия и т. п. Возможны три основных варианта тестирования:

1) комплексная оценка физической подготовленности с использованием широкого круга разнообразных тестов (например, измерение достижений в комплексе «Алпомиш» и «Барчиной»);

2) оценка уровня развития какого-либо одного качества (например, выносливости у бегунов);

3) оценка уровня развития одной из форм проявления двигательного качества (например, уровня скоростной выносливости у бегунов).

При тестировании физической подготовленности необходимо предварительно:

1) определить цель тестирования;

2) обеспечить стандартизацию измерительных процедур;

3) выбрать тесты с высокой надежностью и информативностью, техника выполнения которых сравнительно проста и не оказывает существенного влияния на результат;

4) освоить тесты настолько хорошо, чтобы при их выполнении основное внимание было направлено на достижение максимального результата, а не на стремление выполнить движение технически правильно;

5) иметь максимальную мотивацию на достижение предельных результатов в тестах (это условие не распространяется на стандартные функциональные пробы);

6) иметь систему оценок достижений в тестах.

Соблюдение всех этих условий обязательно, но особое внимание при проведении тестирования следует уделять созданию такого психического настроения, который бы позволил полностью выявить истинные возможности каждого спортсмена. Этого можно добиться, приблизив условия тестирования к соревновательным, в которых обычно демонстрируются наивысшие результаты.

Рассмотрим пример (табл. 6.1.) тестирования велосипедистов высокой квалификации, каждый из которых тестировался в течение трех дней в различных условиях. Как видно из таблицы, величина и направленность физиологических показателей, характеризующих срочный тренировочный эффект (в данном случае именно он является мерилем двигательных возможностей спортсмена), различаются в зависимости от условий тестирования довольно сильно. При использовании в качестве теста модели гита на велоэргометре уровень физической подготовленности необходимо признать средним; если же в качестве теста использовать соревнования, оценка должна быть высокой. Поэтому лучше всего измерять физическую подготовленность в условиях соревнований или в условиях, максимально близких к ним.

**Таблица 6.1.**

**Влияние условий тестирования на величину и направленность результатов  
(n = 18, по В. В. Михайлову, 1978)**

Показатель	Двигательные задания		
	Модель гита на 1 км на велоэргометре	Прикидка на треке в гите на 1 км	Соревнования в гите на 1 км
Результат, с	75,00	77,67	75,65
ЧСС за 3—5 с до старта, уд/мин	123	130	144
ЧСС на последних 10 с работы, уд/мин	186	197	208
O <sub>2</sub> -потребление, л/мин	4,90	5,18	5,51
Алактатная фракция O <sub>2</sub> -долга, л	8,06	11,79	14,50
Общий O <sub>2</sub> -долг, л	10,96	15,29	18,50

## 6.2. Контроль за скоростными качествами

Скоростные качества спортсменов проявляются в способности выполнять движения в минимальный промежуток времени. Принято выделять элементарные и комплексные формы проявления скоростных качеств (М. А. Годик, 1966).

Элементарные формы включают в себя:

- а) время реакции,
- б) время одиночного движения,
- в) частоту (темп) локальных движений.

Комплексные формы представлены быстротой выполнения спортивных движений (временем спринтерского бега, рывков футболиста или хоккеиста, ударов боксера и т. п.).

### Контроль за временем реакции

Время выполнения любого упражнения обычно складывается из двух переменных: времени реакции (ВР) и времени движения (ВД). Например,

результат в беге на 100м, равный 10,5 с, представляет собой сумму времени стартовой реакции бегуна (0,15 с) и времени пробегания дистанции (10,35 с). «Удельный вес» ВР оказывается наибольшим в тех упражнениях, где его значения сопоставимы с временем следующих за реагированием движений (наиболее типична такая ситуация в спортивных играх и единоборствах). Например, время специфических реакций в боксе и фехтовании колеблется в пределах 0,3—0,7 с, время выполнения удара или атаки — 0,25—0,47 с. Видно, что ВР составляет около 50% от общих затрат времени на выполнение упражнения.

В видах спорта циклического характера «вклад» ВР в результат сравнительно невелик: например, в беге на 100 м он составляет 2—3%, а в беге на 1000 м — 0,02%.

Сказанное дает основание считать, что информативность показателей ВР должна быть наибольшей в играх и единоборствах и небольшой в длительных упражнениях циклического характера.

Различают простые и сложные реакции: последние, в свою очередь, подразделяются на реакции выбора и реакции на движущийся объект (РДО).

Время простой реакции измеряют в таких условиях, когда заранее известен и тип сигнала, и способ ответа (например, при загорании лампочки отпустить кнопку, на выстрел стартера начать бег). Длительность простых реакций сравнительно невелика и, как правило, не превышает 0,3 с.

В лабораторных условиях измерение ВР проводится с помощью реакциометров (хронорефлексометров). Сигнал (звуковой, световой или тактильный) должен быть стандартным. Погрешность измерительного комплекса не должна превышать единиц миллисекунд. Например, при измерении ВР на световой раздражитель должны быть стандартизованы: расстояние между спортсменом и сигналом, форма, цвет и яркость сигнала, фон, на котором он предъядвляется, освещенность помещения, размер и форма датчика, усилие, прикладываемое к нему, способ ответа (нажатие или отрыв).

В соревновательных условиях способ измерения ВР обуславливается особенностями старта либо условиями выполнения элементов соревновательного упражнения. Например, в стартовые колодки (стартовую тумбу бассейна и т. п.) помещаются контактные датчики, допустимая погрешность срабатывания которых не должна превышать 1—2 мс. Стартовый пистолет, датчики и времяизмерительное устройство (ВИУ) соединены между собой так, что выстрел пистолета запускает ВИУ, а замыкание (или размыкание) контакта останавливает его.

Сложная реакция характеризуется тем, что тип сигнала и вследствие этого способ ответа неизвестны (такие реакции свойственны преимущественно играм и единоборствам, где ответные движения спортсмена всецело определяются действиями соперника). Зарегистрировать время такой реакции в соревновательных условиях весьма трудно.

В лабораторных условиях время реакции выбора (ВРВ) обычно измеряют так: спортсмену предъядвляют слайды с игровыми или боевыми ситуациями. Длительность экспозиции каждого слайда или временные интервалы между экспозициями должны быть стандартными. Оценив ситуацию, спортсмен

принимает решение и нажимает одну из кнопок на пульте (каждой кнопке соответствует определенное и целесообразное в этой ситуации тактическое решение: например, нажатие на первую кнопку означает, что необходимо сделать пас направо, на вторую — бросить по кольцу, на третью — начать ведение). Начало экспозиции слайда запускает ВИУ, нажатие кнопки останавливает его.

Результатами такого тестирования будут: 1) ВР и 2) точность принятого решения (за эталон точности в данном случае принимается согласованное мнение экспертов о том, как необходимо действовать в данной ситуации). Возможны четыре варианта реагирования: 1) быстро и точно; 2) быстро и неточно; 3) медленно и точно; 4) медленно и неточно. При одновременном измерении ВР и точности принятого решения предъявляются разные по содержанию, но равные по сложности ситуации.

Измерение времени реакции на движущийся объект проводится так: в поле зрения спортсмена появляется объект (это может быть соперник, мяч, шайба, точка на экране и т. п.), на который нужно реагировать определенным движением. Длительность таких реакций составляет 0,3—0,8 с. У опытных спортсменов (например, вратарей), которые достаточно точно предугадывают движения противника или мяча, время РДО может быть значительно меньше.

Длительность реакций всех типов зависит от многих факторов (вида спорта, возраста, квалификации и состояния спортсмена в момент измерения ВР, сложности и освоенности движения, которым он реагирует на сигнал; типа сигнала и т. п.). В связи с этим вариативность ВР как показателя скоростных качеств (и внутрииндивидуальная, и межиндивидуальная) оказывается весьма значительной (табл. 6.2.).

Обусловленность ВР многими факторами сказывается на уровне его надежности (стабильности). Даже при значительном числе повторных изменений стабильность ВР, как правило, невелика: коэффициент воспроизводимости при 3—5 повторениях не превышает 0,40; 7—11 повторений—0,60—0,70; 19—25 повторений—0,75—0,85.

**Таблица 6.2.**

**Вариативность ВР (по М. А. Годичу, 1966)  
а) данные 178 мужчин 17—53 лет**

Тип сигнала	$\bar{x}$	Время реакции (мс)		
		<i>min</i>	<i>max</i>	Размах, <i>max — min</i>
Звуковой	192	121	432	311
Световой	289	190	476	286

Исключением являются те виды спорта, результат в которых в значительной степени обусловлен стабильностью ВР.

Информативность показателей ВР определяется двумя способами. В первом на основании логического анализа структуры соревновательного упражнения и факторов, определяющих его результат, Устанавливается приблизительная мера информативности тестов ВР.

Малоинформативными и, следовательно, непригодными для контроля за скоростными качествами являются такие тесты, как частота движений кистью (так называемый тейпинг-тест, от англ. taping-test), время достижения максимальной скорости.

Информативность скоростных тестов не имеет универсального характера; ее величина существенно различна для спортсменов разных квалификационных групп. В табл. 6.3 представлены данные, подтверждающие это. Видно, что у новичков любой из показателей характеризуется средней или высокой информативностью, в то время как у квалифицированных спортсменов таких показателей всего два —  $U_{max}$  и "фин •

**Таблица 6.3**

**Информативность скоростных показателей (критерий — результат в беге на 100 м)**  
(по Г. Г. Арзуманову, 1978)

Показатель	Коэффициент информативности	
	у мастеров спорт» и первора-зрядников (л = 23)	
Время достижения $V_{max}$	—0,27	0,44
Время удержания $p^{\wedge}dx$	0,14	0,27
Время падения $V_{max}$	0,10	0,58
Максимальная скорость	—0,94	—0,97
Скорость на финише, $U_{\$_{iii}}$	—0,80	—0,96
Время реакции	0,42	0,46

Значения коэффициентов информативности тестов, рассчитанные для группы, не всегда будут совпадать с аналогичными значениями для конкретных спортсменов. В качестве примера рассмотрим данные табл. 6.4, в первой колонке которой представлены коэффициенты, рассчитанные по результатам бега 20 спринтеров, а в остальных колонках — по 20 попыткам, выполнявшимся каждым из трех спортсменов.

**Таблица 6.4**

**Соотношение групповых и индивидуальных коэффициентов информативности**  
(спринтеры / разряда, мужчины) (по Г. Г. Арзуманову, 1978)

Показатель	Коэффициент групповой информативности	Коэффициенты индивидуальной информативности		
		А. С.	Б.М.	В. п.
Время достижения $V_{max}$	0,27	—0,39	0,89	0,01
Время удержания $V_{max}$	0,14	—0,26	0,25	0,13
Время снижения $V_{max}$	0,10	—0,33	0,43	0,57
Максимальная скорость	-0,94	—0,87	'-0,42	—0,85 0,52
Скорость на финише	—0,80	—0,81	—0,60	—0,85 11,33
Время реакции	0,42	0,75	—0,43	0,01
Результат в беге на 100 м,с	11,37	11,51	11,61	0,13

Видно, что только у спортсмена А. С. структура коэффициентов информативности близка к среднегрупповой, у других же различия существенны. Поэтому при контроле за скоростными качествами спортсменов нужно ориентироваться не только на общие показатели (для групп спортсменов определенной квалификации), но и на специфические (для конкретного спортсмена). Последние особенно важны в организации контроля за подготовленностью высококвалифицированных спортсменов. В этом случае можно использовать, конечно, только индивидуальные системы оценок, в частности индивидуальные нормы.

Надежность тестов, предназначенных для контроля ВД, зависит, во-первых, от сложности тестов и, во-вторых, от того, насколько хорошо они освоены спортсменами. Наибольшей надежностью характеризуются такие простые в координационном отношении тесты, как бег с максимальной скоростью на 15—40 м ( $r_{tt} = 0,85—0,95$ ). Надежность этих же упражнений, но выполняемых с ведением мяча, с обеганием стоек оказывается существенно меньшей ( $r_{tt} = 0,70—0,80$ ). Еще менее надежны скоростные тесты в игровых видах спорта, где необходимо выполнять передачи мяча, отбор, удары в цель и т. п.

Эквивалентность скоростных тестов определяется по величине рассчитанных между их результатами коэффициентов корреляции. Все тесты, измеряющие время простой неспецифической реакции, эквивалентны: какой бы тип сигнала (звуковой, световой, тактильный) ни использовали и какой бы частью тела ни реагировали (рукой, ногой и т. п.), всегда спортсмены, более быстрые в одном случае, оказываются более быстрыми и в другом. Поэтому комплекс, составленный из таких тестов, будет гомогенным.

Зависимости между показателями времени простых специфических реакций невелики. Это объясняется тем, что быстрота таких реакций в значительной степени обусловлена освоенностью следующих за реакцией движений. Поэтому быстро реагирующий на стартовый сигнал бегун-спринтер может не оказаться столь же быстрым в момент старта в плавании, гребле и т. п.

Эта же причина объясняет отсутствие зависимости между показателями времени сложных реакций.

Нет зависимостей (или они очень невелики) между элементарными и комплексными формами проявления скоростных качеств. Поэтому использовать для контроля за специальной подготовленностью такие тесты, как время простой неспецифической реакции, время локального движения, частота движений кистью и т. п., нецелесообразно.

На основании данных эквивалентности скоростных тестов можно заключить, что комплексная оценка скоростных качеств должна включать измерение времени движения, времени достижения ушх> уровня  $V_{max}$  и времени специфической реакции.

### 6.3. Контроль за силовыми качествами

Способность преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему посредством мышечных напряжений называют силовыми качествами. Уровень их развития обуславливает достижения практически во всех видах спорта, и поэтому методам контроля и совершенствования силовых качеств уделяется значительное внимание.

Методы контроля за силовыми качествами имеют давнюю историю. Первые механические устройства, предназначенные для измерения силы человека, были созданы еще в XVIII веке.

При контроле за силовыми качествами учитывают обычно три группы показателей (рис. 1).

I. Основные:

а) мгновенные значения силы в какой-либо момент движения, в частности максимальную силу;

б) среднюю силу. И. Интегральные — импульс силы.

III. Дифференциальные — градиент силы и т. п. ,

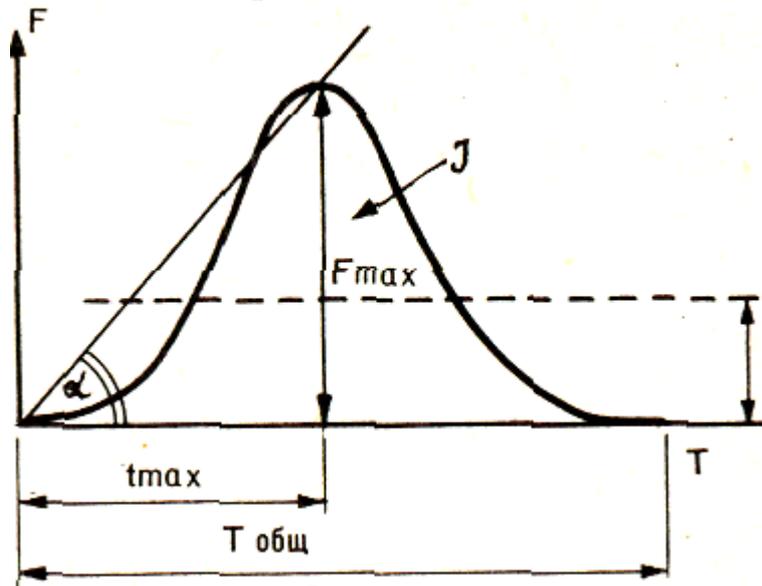


Рис. 1

Схема динамограммы:

$F_{max}$  — наивысшее значение силы,  $t_{max}$  — время его достижения,  $T_{общ}$  — общее время действия силы, средняя сила,

$F_{ср}$  — средняя сила  $J$  — импульс силы; основные показатели  $F_{max}$ ,  $F_{ср} = \frac{J}{T_{общ}}$  показатель:  $J$  —

площадь под кривой; дифференциальные показатели

Поясним их смысл и значение. Максимальная сила весьма наглядна, но в быстрых движениях сравнительно плохо характеризует конечный результат движения; (например, корреляция между максимальной силой отталкивания и высотой прыжка может быть близка к нулю). Согласно законам механики, конечный эффект действия силы, в частности достигнутое в результате ее

действия изменение скорости тела, определяется импульсом силы. Графически — это площадь, ограниченная кривой  $F(t)$ . Если сила постоянна, то импульс — это произведение силы на время ее действия. При численных расчетах импульса силы проводится операция интегрирования, поэтому этот показатель называется интегральным. Особенно часто импульс силы используют при контроле за ударными движениями (удар в боксе и т. п.).

Средняя сила — это условный показатель, равный частному от деления импульса силы на время действия силы. Введение средней силы равносильно предположению, что на тело в течение того же времени действовала постоянная сила (равная средней). Дифференциальные показатели получаются в результате применения математической операции дифференцирования. Они показывают, как быстро изменяются мгновенные величины силы.

Различают два способа регистрации силовых качеств: 1) без измерительной аппаратуры (в этом случае оценка уровня силовой подготовленности проводится по тому наибольшему весу, который способен поднять или удержать спортсмен); 2) с использованием измерительных устройств — динамометров.

Как известно, результатом действия силы на какое-либо тело может быть: а) деформация тела и б) его ускорение. В соответствии с этим все силоизмерительные установки делятся на две группы:

- а) измеряющие деформацию тела, к которому приложена сила).
- б) измеряющие ускорение подвижного тела).

Установки второй группы получили название инерционных динамографов. Их преимущество состоит в том, что они дают возможность измерять силу действия спортсмена в движении, а не в статических условиях.

Наибольшее распространение в практике получило измерение силы с помощью динамометров.

#### **6.4. Контроль за уровнем развития выносливости**

Выносливость — это способность длительно выполнять упражнения без снижения их эффективности. Упражнений, используемых в практике спорта, много, и они разнохарактерны (по структуре, длительности, координационной сложности и т. п.). Поэтому говорят о различных видах выносливости (общей, скоростной, силовой и т. д.).

Выносливость измеряется с помощью двух групп тестов: неспецифических (по результатам которых оцениваются потенциальные возможности спортсмена эффективно соревноваться или тренироваться в условиях нарастающего утомления) и специфических (результаты которых указывают на степень реализации этих потенциальных возможностей).

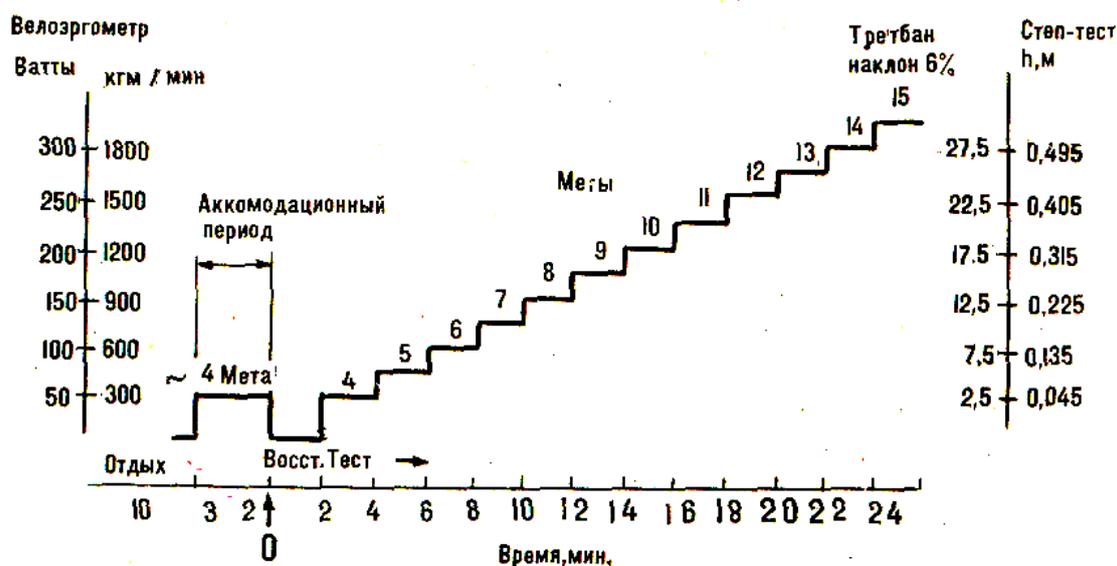


Рис. 2

Методика проведения стандартных тестов на третбане, велоэргометре и степ-эргометр. Спортсмену задается ступенчато возрастающая нагрузка. Энергия, необходимая для выполнения той или Ян нагрузки, измеряется в специальных единицах — Метах. Один Мет равен уровню затрат энергии организм в состоянии покоя

В соответствии с рекомендациями Международного комитета по стандартизации к неспецифическим тестам определения выносливости относят: 1) бег на третбане; 2) педалирование на велоэргометре; 3) степ-тест (рис. 2).

Условия выполнения этих двигательных заданий должны быть строго стандартизованы; измерению обычно подлежат эргометрические и физиологические показатели. К основным эргометрическим показателям относят: время, объем и интенсивность выполнения заданий; к физиологическим —  $O_2$  - потребление, ЧСС, порог анаэробного обмена (ПАНО) и т. п.

Специфическими считают такие тесты, структура выполнения которых близка к соревновательной, поэтому для бегунов тестирование на третбане и для велосипедистов на велоэргометре необходимо рассматривать как метод контроля за специальной выносливостью.

Близко к понятию «выносливость» понятие «физическая работоспособность», под которой понимают возможность человека выполнять физическую работу. Выносливость и физическая работоспособность спортсмена определяются рядом факторов, в частности функциональными возможностями различных систем организма (сердечно-сосудистой, дыхательной и др.). Когда выполняется большая механическая работа с участием крупных мышечных групп, выносливость во многом определяется аэробной и анаэробной производительностью организма, т.е. возможностью поставки энергии, необходимой для мышечной работы, за счет аэробных и анаэробных источников. Высокие показатели аэробной и анаэробной производительности — условие хорошей выносливости (в частности, в циклических видах спорта). Однако выносливость зависит и от других причин (например, от техники движений), поэтому функциональной зависимости между

показателями аэробной и анаэробной производительности, с одной стороны, и выносливости, с другой, нет.

### 6.5. Контроль за гибкостью

Способность выполнять движения с большой амплитудой называется гибкостью. Следовательно, чтобы оценить уровень развития этого двигательного качества, необходимо измерить амплитуду движений. Сделать это можно следующими способами:

- 1) механическим (гониометрическим),
- 2) механоэлектрическим (электрогониометрическим),
- 3) оптическим,
- 4) рентгенографическим.

В первом случае гибкость измеряют с помощью механического гониометра — угломера, к одной из ножек которого прикреплен транспортир. Ножки гониометра крепятся на продольных осях сегментов, образующих сустав. При выполнении движения (сгибания, разгибания, вращения и т. п.) изменяется угол между осями сегментов, и изменение регистрируется гониометром.

Если транспортир заменить потенциметрическим датчиком, получится электрогониометр. Измерения с его помощью дают графическое изображение гибкости (рис. 3.). Этот метод контроля более точен; кроме того, он позволяет проследить за изменением суставных углов в различных фазах движения.

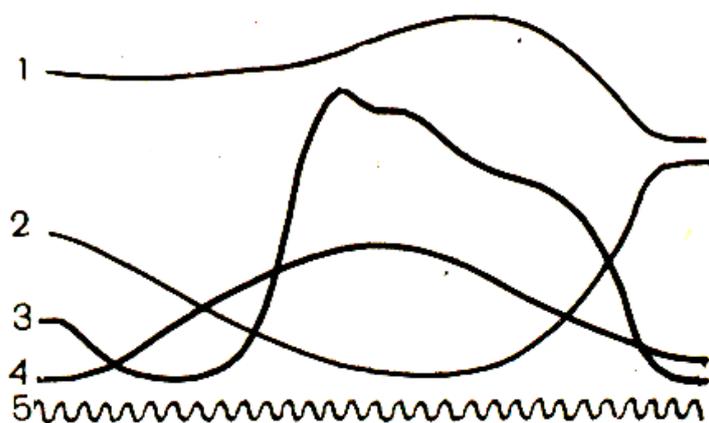


Рис.3. Гониограмма движения. По вертикали — изменение угла в суставе, град.; по горизонтали — время, с.  
1—4 — углы в разных суставах, 5 — отметка времени

Оптические методы измерения гибкости основаны на применении фото-, кино- и видеорегирующих устройств. На суставных точках тела спортсмена укрепляются датчики-маркеры; изменение их взаиморасположения в разных точках амплитуды движения фиксируется регистрирующей аппаратурой. Последующая обработка фотоснимков или фотопленки позволяет определить уровень развития гибкости.

Рентгенографический метод дает возможность определить теоретически допустимую амплитуду движения, рассчитав ее на основании рентгенологического анализа строения сустава.

Гибкость измеряется: 1) в угловых градусах, 2) в линейных мерах. Во втором случае спортсмен выполняет тест (например, выкрут с палкой), и наименьшее расстояние между большими пальцами рук (в см) будет характеризовать его подвижность в этом упражнении. При использовании линейных показателей гибкости необходимо в результат измерения вносить поправки с учетом неодинаковых у разных людей размеров тела (длины рук, ног и т. п.).

Различают активную и пассивную гибкость. Активная гибкость характеризует способность выполнять движения с большой амплитудой за счет активности мышц. Пассивная гибкость определяется по той наибольшей амплитуде, которая может быть достигнута за счет внешней силы (рис. 4.). Величина этой силы должна быть одинаковой для всех измерений; только в этом случае можно получить объективную оценку пассивной гибкости.

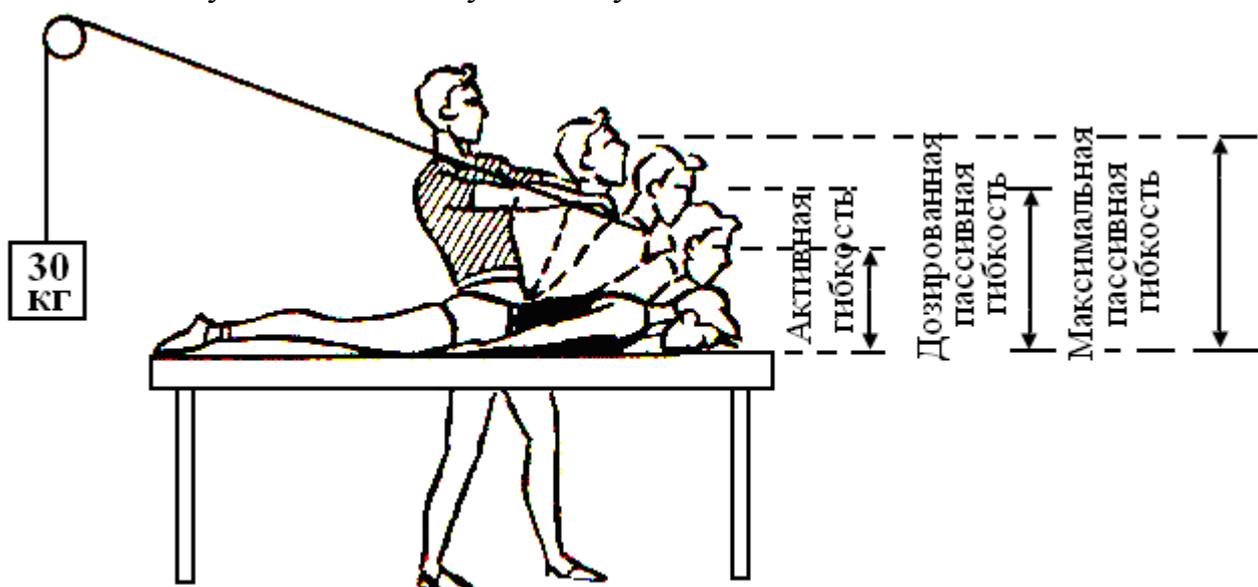


Рис. 4. Методика измерения активной и пассивной гибкости (по Ш. Джаняну)

Величину пассивной гибкости определяют в момент, когда действие внешней силы вызывает болевые ощущения. Следовательно, показатели пассивной гибкости гетерогенны и зависят не только от состояния мышечного и суставного аппаратов, но и от способности спортсмена какое-то время терпеть неприятные ощущения. Поэтому важно так мотивировать спортсмена, чтобы он не прекратил тест при появлении первых признаков боли.

Разница между величинами активной и пассивной гибкости (в см или угловых градусах) называется дефицитом активной гибкости — ДАГ и является достаточно информативным показателем состояния мышечного аппарата спортсмена.

Непосредственно регистрируемые показатели гибкости зависят от времени тестирования (в 10 часов гибкость меньше, чем в 18 часов), температуры воздуха (при 30°C гибкость больше, чем при 10°C). Поэтому измерять гибкость нужно в стандартных условиях; необходимо также стандартизировать разминку (под

влиянием ее, как известно несколько повышается температура мышц и соответственно увеличивается гибкость).

Надежность большинства показателей гибкости составляет 0,85—0,95, а их информативность зависит от того, насколько амплитуда тестирующего движения совпадает с амплитудой соревновательного движения. Так, информативность показателей гибкости маховых движений ногами велика у барьеристов и прыгунов в высоту и длину.

Эквивалентность показателей гибкости сравнительно невелика: спортсмен, гибкий в одних движениях, может иметь низкие показатели гибкости в других. Поэтому для оценки так называемой общей гибкости необходимы ее измерения в разных суставах, в разных движениях.

## **6.6. Контроль за ловкостью**

Высокий уровень развития ловкости предполагает, что спортсмен:

- 1) умеет выполнять координационно сложные движения;
- 2) выполняет их точно (точность в данном случае означает, что биомеханические характеристики выполняемого движения близки к эталонным);
- 3) быстрее других обучается движениям с заданным уровнем точности;
- 4) быстрее других перестраивает свою двигательную деятельность при изменении внешних условий.

Ловкость — это сложное двигательное качество, проявления которого многообразны. В связи с этим измерителей ловкости много, но некоторые из них тождественны измерителям других двигательных качеств, других сторон подготовки и т. п.

Например, показатели ловкости, характеризующие умение выполнять координационно сложные движения и точность их выполнения, используются для контроля за эффективностью техники, а показатели времени перестройки двигательной деятельности — для определения быстроты сложной двигательной реакции и тактического мышления.

### ***Контрольные вопросы:***

1. В чем заключаются скоростные качества спортсмена? Методы их контроля
2. Из чего складывается время выполнения любого упражнения?
3. Что включает в себя понятие «силовые качества»? Разновидности силы и контроль за ними
4. Что такое выносливость?
5. Что такое физическая работоспособность?
6. В чем заключается контроль за гибкостью?
7. Что такое ловкость?

## Основная литература

1. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии. М., 1973 .
2. Бубе Х., Фэк Г., Штюблер Х., Трогии Ф. Тесты в спортивной практике: Пер. с нем.М., 1968.
3. Вайнберг Дж., Шумекер Дж. Статистика. М., 1979.
4. Воробьев А.Н., Сорокин Ю.К. Анатомия силы. М. 1980.
5. Годик М.А. Спорт метрология. М., 1988.
6. Годик М.А. Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок. М. 1980.
7. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика. М., ФиС, 1979.
8. Зациорский В.М. Кибернетика, математика, спорт. М.,1979.
9. Иберла К. Факторный анализ: Пер с англ.М. 1980.
- 10.Иванов К.П. Основы энергетики организма. М. 1990.
- 11.Келлер В.С. Деятельность спортсмена в вариативных конфликтных ситуациях. Киев . 1977.
- 12.Колемаев В.А. , Староверов О.В. , Турундаевский В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика. М. ,1991.
- 13.Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. М. 1974.
- 14.Коренев Г.В. Введение в механику человека. М., 1977.
- 15.Коротков В.П. , Тайц Б.А. Основы метрологии и теория точности измерительных устройств. М. 1978.
- 16.Лях В.И., Тесты в физическом воспитании. М., 1998.
- 17.Математика терминларининг русча-о`збекча изоҳли луғати /Проф. В.А. Диткин таҳрир остида. Рус-о`збекча таржима., 1974.
- 18.Масальгин Н.А. Математика-статистические методқ в спорте. М. 1974.
- 19.Матвеев Л.П. Теория и методика физической культур: Учеб. Для институтов физической культуры. М., 1991.
- 20.Миф Н. П. Модели и оценка погрешности технических измерений М., 1976

21. Настольная книга учителя физической культуры. Под ред. Проф. Л.Б.Кофмана. М. 1998.
22. Начинская С.В. Математическая статистика в спорте. Киев, 1978.
23. Начинская С.В. Основы спортивной статистики. Киев, 1987.
24. Начинская С.В. Спортивная метрология. М., 2005.
25. Начинская С.В., Степанова О.Н. Метод корреляционных плеяд в практике маркетинговых исследований: Учеб. Пособие. М., 2002.
26. Петров В.П. Контроль качества и испытание оптических приборов Л.: Л. 1985.
27. Пфанцль И. Теория измерений /Пер. с англ. М: Мир, 1976.
28. Спорт метрология: Учеб. Под общ. ред. проф. В.М. Зациорского. М., 1982.
29. Смирнов Ю.И. Онекотеры научно-технических и организационных вопросах спортивной метрологии. «Теор. И прак. Физич. Культ.» 1978.
30. Смирнов Ю.И. Методологические основы спортивной метрологии «Теор. И прак. Физич. Культ.» 1980.
31. Статистика: Учеб. Под ред. В.С. Мхитаряна. М., 2001.
32. Толаметов А.А.. Спорт метрология. (услугий ишланма). Т. 2009.
33. Уткин В.Л. Измерения в спорте. М. , 1978.
34. Уткин В.Л. Оптимизация двигательной деятельности человека (методологические основы). М. ГЦОЛИФК., 1981.
35. Уткин В.Л. Измерения в спорте (введение в спортивную метрологию). М., 1978.
36. Четыркин Е.М., Калихман И.Л. Вероятность и статистика. М., 1982.
37. Экономика физической культуры и спорта: Учеб. Пособия . Под ред проф. В.В. Кузина. М., 2001
38. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Учебник для втузов. М. 1986.
39. Яхонтов Е.Р. Методы непараметрической статистики в спортивно-педагогических исследованиях. Л. , 1973.

## СОДЕРЖАНИЯ

Лекция № 1. Предмет “Спортивная метрология”. Спортивная тренировка как процесс управления. Основы теории измерений .....	3
1.1. Предмет и задачи курса «Спортивная метрология».....	3
1.2. Методы спортивной метрологии.....	5
1.3. Роль спортивной метрологии в физической культуре и спорте. ....	6
1.4. Измерение физических величин.....	6
1.5. Параметры, измеряемые в физической культуре и спорте .....	9
1.6. Шкалы измерений.....	12
1.7. Точность измерений. ....	13
Лекция № 2. Статистические методы обработки результатов измерений .....	15
2.1. Метод средних величин .....	16
2.2. Функциональная и статистическая взаимосвязи .....	18
2.3. Корреляционное поле .....	19
2.4. Оценка тесноты взаимосвязи.....	20
2.5. Регрессия.....	20
2.6. Коэффициент корреляции Бравэ-Пирсона .....	21
Лекция № 3. Математические основы теории тестов. Основы теории оценок. ....	23
3.1. Основные понятия теории тестов.....	23
3.2. Надежность тестов.....	23
3.3. Информативность тестов .....	26
3.4 Методы их оценки. ....	30
3.5 Комплексные тесты. ....	32
3.6 Проблема оценок в спорте Виды оценок. ....	33
3.7. Шкалы оценок .....	33
3.8. Нормы.....	34
Лекция № 4. Квалиметрия, или методы количественной оценки качества показателей .....	36
4.1. Основные понятие квалиметрии .....	36
4.2. Метод экспертных оценок .....	36
4.3. Метод анкетирования .....	38
Лекция № 5. Метрологические основы за технической и тактической подготовленностью спортсменов .....	41
5.1. Метрологический контроль за технической подготовленностью спортсменов.....	41
5.2 Контроль за тактической подготовленностью в физической культуре и спорте. ....	43
5.3. Основы метрологического контроля за тренировочной и соревновательной деятельностью. ....	45
Лекция № 6. Основы контроля за физической подготовленностью спортсменов .....	47
6.1. Общие требования к контролю .....	47

6.2. Контроль за скоростными качествами.....	48
6.3. Контроль за силовыми качествами .....	53
6.4. Контроль за уровнем развития выносливости .....	54
6.5. Контроль за гибкостью.....	56
6.6. Контроль за ловкостью.....	58
Основная литература.....	59