

# Спортивная метрология

лек. – 8+8 часов

п/з. – 4+4 часа

л/з- 10+10 часов

самостоятельная работа - 236 часов

контрольная работа

экзамен

# Предмет, задачи и методы спортивной метрологии

*Спортивная метрология* - отрасль знаний, посвященная изучению методов и способов измерений физической величины в физической культуре и спорте (ФКС).

Задачи спортивной метрологии:

1. Разработка новых средств и методов измерений.
2. Регистрация изменений в состоянии занимающихся под влиянием различных физических нагрузок.
3. Сбор массовых данных, формирование систем оценок и норм.
4. Обработка полученных результатов измерений с целью организации эффективного контроля и управления учебно-тренировочным процессом.

*Предметом* спортивной метрологии является комплексный контроль в физическом воспитании и спорте и использование его результатов в планировании подготовки спортсменов и лиц, занимающихся физической культурой.

# Объекты измерений в спортивной метрологии

Объекты измерения в ФКС делятся на три основные группы:

- показатели спортивной нагрузки;
- показатели уровня физической подготовленности;
- технико-тактические показатели.

*Спортивная нагрузка* - это средство воздействия на организм спортсмена с целью повышения уровня его физической и технико-тактической подготовленности.

Нагрузка делится на *внешнюю*, отражая все способы воздействия, и *внутреннюю*, показывая сдвиги в организме под воздействием внешней нагрузки.

*Уровень физической подготовленности* связан с развитием таких физических качеств, как быстрота, сила, выносливость, гибкость и ловкость. Интегральные показатели физических качеств оцениваются посредством тестирования. Ведущие параметры измеряются.

*Техника действий* спортсмена характеризуется объемом и разносторонностью. *Объем техники* - это сумма всех специальных действий, которые спортсмен может осуществить. *Разносторонность техники* - это количество разных вариантов выполнения специальных действий.

Спортивная тренировка, также как и физическое воспитание, представляют собой **процесс управления**. В каждый момент времени человек находится в определенном физическом состоянии, которое определяют как минимум: *здоровье, телосложение, состояние физиологических функций, технико-тактическая подготовленность, уровень двигательных (физических) качеств.*

**Управление** - это изменение состояния системы посредством управляющих воздействий, которые направлены на достижение цели.

**Цель управления** - это перевод системы из одного состояния в другое (из исходного в желаемое) и состоит либо в заданном конечном состоянии, либо в обеспечении заданной линии поведения.

Каждый вид спорта требует определенного состояния физиологических функций, их возможностей и резервов, уровня физических качеств, технического и тактического мастерства, психологической подготовленности.



Специализированная мышечная тренировка направлена на формирование и совершенствование определенных свойств и качеств организма спортсмена.

Построив тренировочный процесс соответствующим образом, можно повысить уровень одного или нескольких качеств, т.е. можно управлять состоянием человека.

В спортивной тренировке цель управления – *стойкое улучшение физического состояния, выражающееся в повышении спортивных результатов.*

Можем ли мы влиять непосредственно или опосредованно на изменение спортивных результатов???



Можем ли мы каким-либо прямым способом повысить у спортсмена силу или выносливость???

Это можно сделать только опосредствованно.

*Фактически педагог (тренер) управляет лишь действиями (поведением) спортсмена: он задает ему определенную программу упражнений (тренировочную нагрузку) и добивается ее правильного выполнения, в частности правильной техники движений.*

Изменения, которые наступают во время выполнения физических упражнений и сразу после их завершения, называются **срочным тренировочным эффектом** (из-за наступающего утомления он обычно связан со снижением работоспособности и спортивных результатов).

Изменения, которые происходят в результате суммирования следов многих тренировочных занятий, называются **кумулятивным тренировочным эффектом**. При правильно организованном процессе тренировки этот эффект выражается в повышении работоспособности и спортивных результатов.

В спортивной тренировке можно представить следующую последовательность причин и следствий:

*действия спортсмена (поведение) → срочный эффект → кумулятивный эффект.*

Специфика управления в спортивной тренировке заключается в том, что мы пытаемся воздействовать *на самоуправляемую систему* (организм спортсмена).

Из-за очень больших индивидуальных и временных различий в состоянии спортсменов мы не можем быть уверены в том, что, применяя одно и то же воздействие, получим одну и ту же ответную реакцию (одинаковая тренировочная нагрузка может вызвать разный тренировочный эффект).

**В связи с чем, актуален вопрос об обратных связях (контроле).**

Чтобы управлять тренировочным процессом не «вслепую», нужно получить информацию о ходе и результатах выполнения тренировочных и соревновательных упражнений, о состоянии спортсмена, об окружающих условиях.

Сбор (обратной) информации о состоянии объекта управления и сравнение его действительного состояния с должным называется *контролем*.

Принято различать, как минимум, четыре разных направления в педагогическом контроле:

- *сведения, получаемые от спортсмена (о самочувствии, отношении к происходящему, настроении и т.п.);*
- *сведения о поведении спортсмена (какие тренировочные занятия выполнены, как это сделано, ошибки в технике и т.п.);*
- *данные о срочном тренировочном эффекте (величина и характер тренировочных сдвигов под влиянием однократной физической нагрузки);*
- *сведения о кумулятивном тренировочном эффекте (изменения функциональных резервных возможностей организма, технико-тактической подготовленности и т.п.).*

**Контроль за спортивной тренировкой** – активное добывание, хранение, анализ и оценивание такой информации, которая позволяет обоснованно судить об организации, материально-техническом обеспечении, медицинской, научной, воспитательной сторонах, ходе и результатах подготовки спортсмена.

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.*

*Неучет самочувствия спортсмена - не может дать хороших результатов в современном спорте.*



**Гармоничное сочетание объективных и субъективных показателей – обеспеченный успех**

Контроль начинается с измерения, но не исчерпывается им.

Нужно :

- знать что измерять;
- знать как измерять;
- уметь выбирать информативные (существенные) показатели;
- грамотно использовать математический аппарат обработки информации;
- уметь интерпретировать результаты исследования.



# Основы измерений в физической культуре и спорте. Единицы измерений.

Для сравнения результатов измерения, они должны быть выражены в одних и тех же *единицах*.

Первая единая метрическая система мер (иначе называют, десятичная система мер) разработана в конце XVIII в.

В последующем, более совершенная, была принята *Международная система единиц* – *СИ* (от начальных слов System International).

*СИ* в настоящее время включает семь не зависимых друг от друга *основных* единиц, из которых в качестве *производных* выводят (путем арифметических действий) единицы остальных физических величин. Например, единица длины (метр) и единица времени (секунда) — основные единицы, а единицы скорости (метр в секунду) – производная.

# 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, $\Omega$	стерадиан	ср	sr

Помимо единиц измерения, входящих в систему СИ, есть также **внесистемные единицы** (час, минута, лошадиная сила, калория и др.), которые часто применяются для удобства.

Эти единицы измерения могут быть построены из основных единиц системы (построенных по десятичному принципу) или вообще не иметь связей с единицами установленных систем (например, калория, миллиметры ртутного столба и др.).

Совершенствование методов измерений в спорте всегда связано с изобретением новых единиц измерений.

*Например, точность измерения выносливости значительно повысилась с тех пор, как техника газового анализа стала общедоступной и аэробные возможности спортсмена начали оценивать величиной максимального потребления кислорода в пересчете на массу тела (мл/кг/мин).*

## Основы измерений в физической культуре и спорте. Точность измерений.

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно, всегда содержится та или иная погрешность.

Чем точнее метод измерения и измерительный прибор, тем меньше величина погрешности.

Принято различать несколько видов погрешностей, которые необходимо учитывать при измерении в спорте:

- *основная и дополнительная,*
- *абсолютная и относительная,*
- *систематическая и случайная.*

## Точность измерений

**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.

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

**Относительная погрешность** - это отношение абсолютной погрешности к значению измеряемой величины:

$$\varepsilon_{\text{отн}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{изм}}} * 100 \%$$

**Систематическая погрешность** – это величина, которая не меняется от измерения к измерению. Поэтому она часто может быть предсказана заранее или в крайнем случае обнаружена и устранена по окончании процесса измерения. Определение систематической погрешности измерения возможно способами: тарировки, калибровки измерительной аппаратуры или рандомизации.

Определение систематической погрешности измерения возможно способами: *тарировки, калибровки* измерительной аппаратуры или *рандомизации*.

**Случайная погрешность** - неустраняемая и возникает под действием разнообразных факторов, которые сложно заранее предсказать и учесть.

С помощью методов математической статистики можно оценить величину случайной погрешности и учесть ее при интерпретации результатов измерения.

# Основы измерений в физической культуре и спорте.

## Шкалы измерений

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

*Измерение* есть приписывание чисел вещам в соответствии с определенными правилами.

*Измерить рост человека – значит приписать число расстоянию между макушкой человека и подошвой его ног, найденного с помощью линейки.*

*Измерение коэффициента интеллектуальности студента – это присвоение числа характеру ответной реакции, возникающей у него на группу типовых задач.*

**Измерение преобразовывает определенные свойства наших восприятий в известные, легко поддающиеся обработке вещи, называемые «числами».**

Самыми распространенными и общепризнанными шкалами являются *номинальная шкала*, *шкала порядка*, *интервальная шкала* и *шкала отношений*.

# Шкалы измерений

Шкала	Основные принципы	Методы статистики	Примеры
Наименований	Установление равенства.	Число случаев Мода Корреляция	Нумерация спортсменов в команде Результаты жеребьевки
Порядка	Установление соотношений «больше» или «меньше»	Медиана Ранговая корреляция Ранговые критерии Проверка гипотез	Место, занятое на соревнованиях Результаты ранжирования спортсменов группой экспертов
Интервалов	Установление равенства интервалов	Среднее Стандартное отклонение Корреляция	Календарные даты Суставной угол
Отношений	Установление равенства отношений	Коэффициент вариации Среднее геометрическое	Длина, сила, масса, скорость и т.п.

# Основы измерений в физической культуре и спорте. Теория тестов

Измерение или испытание, проводимое с целью определения состояния или способностей спортсмена, называется **тестом**.

Процесс испытаний называется **тестированием**; полученное в итоге измерения числовое значение - **результатом тестирования** (или результатом теста).

Тесты в основе которых лежат двигательные задачи, называют **двигательными** или **моторными**. В зависимости от задания, которое стоит перед исследуемым, различают три группы двигательных тестов:

Таблица 2

## Разновидности двигательных тестов

Название теста	Задание спортсмену	Результат теста	Пример
<b>Контрольное упражнение (1 группа)</b>	Показать максимальный результат	Двигательные достижения	Бег на 1500 м, время бега
<b>Стандартные функциональные пробы (2 группа)</b>	<p>Одинаковое для всех, дозируется:</p> <p>- по величине выполненной работы;</p> <p>- по величине физиологических сдвигов</p>	<p>Физиологические или биохимические показатели при стандартной работе</p> <p>Двигательные показатели при стандартной величине физиологических сдвигов</p>	<p>Регистрация ЧСС при стандартной работе 1000 кгм/мин</p> <p>Скорость бега при ЧСС 160 уд/мин</p>
<b>Максимальные функциональные пробы (3 группа)</b>	Показать максимальный результат	Физиологические или биохимические показатели	Определение максимального кислородного долга или максимального потребления кислорода

**Тесты** - это измерения, которые отвечают специальным требованиям: стандартность, наличие системы оценок, надежность, информативность, объективность.

**Стандартность/стандартизованность** теста - процедура и условия тестирования должны быть одинаковыми во всех случаях применения теста.

**Надежность** теста - степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же людей (или других объектов) в одинаковых условиях.

*Способы повышения надежности теста:*

- 1) более строгой стандартизацией тестирования;
- 2) увеличения числа попыток;
- 3) увеличение числа оценщиков и повышения согласованности их мнений;
- 4) увеличения числа эквивалентных тестов;
- 5) лучшей мотивации испытуемых.

**Информативность/валидность** (от лат. validus - достойный) теста - это степень точности, с какой он измеряет свойство (качество, способность, характеристику и т.п.), для оценки которого используется.

Если тест используется для определения состояния спортсмена в момент обследования, то говорят о **диагностической** информативности теста.

Если на основе результатов тестирования хотят сделать вывод о возможных будущих показателях спортсмена - о **прогностической** информативности.

Степень информативности может характеризоваться количественно – на основе опытных данных (так называемая **эмпирическая информативность**) и качественно – на основе содержательного анализа ситуации (**логическая информативность**).

**В практической работе логический, или содержательный анализ всегда должен предшествовать математическому.**

# Тестирование в практике физической культуры и спорта

На практике тестирование выглядит следующим образом:

1) испытуемые выполняют определенное тестовое задание

2) результаты сравниваются с нормативами, т. е. с некоторыми должными показателями;

№ п/п	Контрольные упражнения	Оценка в очках				
		1	2	3	4	5
<b>А. Основные упражнения</b>						
1.	Бег на 30 м (высокий старт), с	5.8	5.6	5.4	5.2	5.0
2.	Бег на 60 м (высокий старт), с	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9
3.	Бег на 300 м, с	60.0	58.0	56.0	54.0	52.0
4.	Бег на 1000 м, мин, с	4.40	4.30	4.20	4.10	4.00
5.	Бег зигзагами («конверт»), с	30.0	29.0	28.0	27.0	26.0
6.	Прыжок в длину с места, см	155	160	165	170	175
7.	Выпрыгивание вверх с места, см	38	41	44	47	50
8.	Тройной прыжок с места, см	400	430	460	490	520
<b>Б. Дополнительные упражнения</b>						
1.	Наклон вперед, см	2	4	6	8	10
2.	Из положения лежа на спине наклон вперед и возвращение в исходное положение за 30 с, кол-во раз	18	20	22	24	26
3.	В висе поднимание ног до горизонтали, кол-во раз	1	5	10	15	20
4.	Подтягивание на перекладине, кол-во раз	1	2	3	4	5
5.	Отжимание в упоре на брусьях, кол-во раз	1	2	3	4	5

Показатели физического развития	Занимающиеся в секции футбола	Занимающиеся физкультурой только по учебной программе
Рост, см	4,9	4,8
Вес, кг	2,7	2,4
Объем груди, см	2,5	1,9
Экскурсия гр. кл., см	1,8	1,2
Спирометрия, см <sup>3</sup>	500	360
Становая сила, кг	23	13
Сила кисти, кг	8	2

3) сравнение позволяет определить, в какой мере испытуемый располагает исследуемым свойством.

В практике *физической культуры и спорта* тестирование используется для контроля за состоянием спортсмена, т. е. производится систематическая оценка уровня тренированности испытуемого. Применяются два вида тестирования:

- 1) *тестирование детей*, где оценивается уровень их физической подготовленности
- 2) *тестирование спортсменов* при отборе на какой-либо вид спортивной деятельности.

В отдельных случаях используется не один, а несколько тестов, имеющих единую конечную цель (например, оценку состояния спортсмена в соревновательном периоде тренировки). Такая группа тестов называется **комплексом** или **батареей тестов**.

Также тестируются различные **немоторные** свойства: *быстрота переработки информации, способности к комбинации тактических приемов, вариации техники и т.д.*

# Тестирование в практике физической культуры и спорта

№ п/п	Содержание теста	Что измеряется	Примечания
1	Бег на короткие дистанции (30-60 м) с высокого старта (измеряется время бега)	Быстрота	
	Бег на длинные дистанции (измеряется время забега при фиксированной дистанции или пройденное расстояние за фиксированное время)	Выносливость	Тест Купера. Имеет соответствующие таблицы

## Тестирование в практике физической культуры и спорта

3	Челночный бег с указанием прямых участков и количества поворотов (измеряется время бега)	Ловкость	
4	Подтягивание или «отжимание» от пола, скамейки и т.д. (подсчитывается количество повторений)	Сила	

## Тестирование в практике физической культуры и спорта

5	Подъем туловища из положения сидя или лежа (подсчитывается количество повторений)	Сила	
6	Наклон вперед из положения сидя или стоя на скамейке и др. (измеряется величина наклона)	Гибкость	

# Тестирование в практике физической культуры и спорта

7	Прыжок в длину с места или с разбега (измеряется длина прыжка)	Скоростно-силовые качества	
8	Уровень нагрузки по достижении ЧСС 170 уд./мин	Физическая работоспособность	

## Тестирование в практике физической культуры и спорта

9	Подъем на скамейку определенной высоты в определенном темпе за определенное время (измеряется индекс 100) , где $t$ - время восхождения, с; $f_1, f_2, f_3$ - ЧСС за 30 с на 2, 3 и 4-й минуте восстановления)	Восстановление	Гарвардский степ-тест снабжен специальной таблицей величин
---	--	----------------	--

**Основы теории оценок и норм.**

**Методы получения информации о количественной  
оценке качества показателей.**

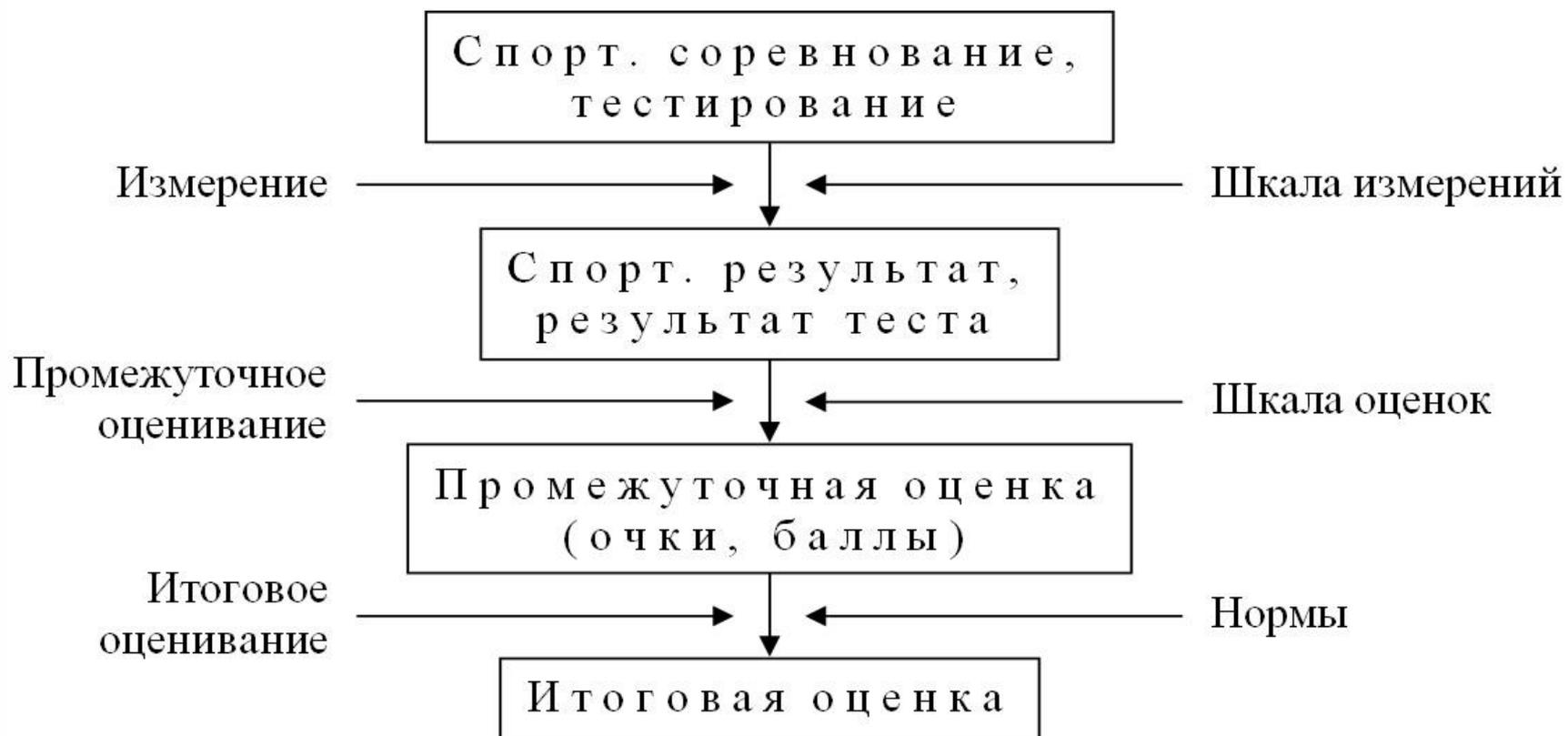
# Основы теории оценок и норм

**Оценкой** (или педагогической оценкой) называется унифицированная мера успеха в каком-либо задании, в частном случае - тесте.

**Оцениванием** называется процесс определения (расчета/установления) оценок.

Необходимость оценивания вызвана, тем, что сами по себе результаты не указывают, какова подготовленность или состояние спортсмена (для одних результат в прыжке вверх с места 50 см может рассматриваться как очень хороший, для других – плохой). Чтобы обеспечить единый подход к определению успеха в разных испытаниях, результаты представляются в виде **оценок**.

# Последовательность действий при оценивании спортивных результатов и тестов



## Основы теории оценок и норм

При оценке спортивных результатов первый этап (**измерение**) может осуществляться тремя способами:

*Измерением физических величин* (времени бега, дальности прыжка и других величин, то есть по метрологической связи с внешней средой). Такие измерения производятся с помощью технических средств и являются объективными.

*По свершившемуся факту* (забитому голу, засчитанному удару в боксе, уколу в фехтовании и т. д.). Имеющий место объективный факт фиксируется судьей субъективно.

Например, в тяжелой атлетике поднятый вес засчитывается судьями только при полном разгибании рук и соблюдении других условий.

*Посредством экспертной оценки* с использованием методов квалиметрии (в технико-эстетических видах спорта). Баллы за выступление выставляются судьями субъективно.

В процессе **оценивания** (2-й и 3-й этапы) имеют место различные виды оценок, специальные шкалы и нормы, соответствующие требованиям пригодности:



Оценки спортивных результатов и тестов относятся к **квалификационным оценкам**. Кроме них существуют **учебные оценки**, выставляемые ученикам в ходе учебного процесса.

## Основы теории оценок и норм

Основные задачи оценивания:

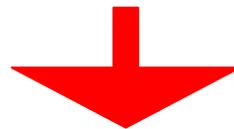
1. Сопоставить разные достижения в одном и том же задании.
2. Сопоставить достижения в разных заданиях.
3. Определить нормы.

Закон преобразования спортивных результатов в очки называют **шкалой оценок**.

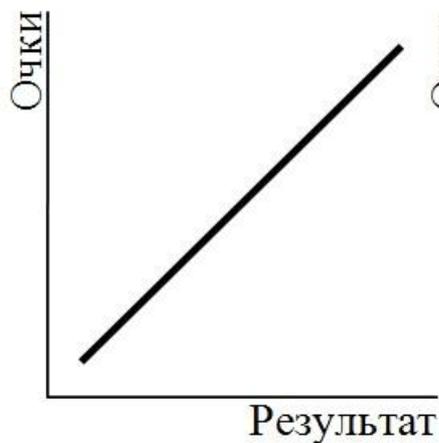
Не следует путать шкалы оценок со шкалами измерений.

Шкала оценок может быть задана в виде формулы, таблицы или графика.

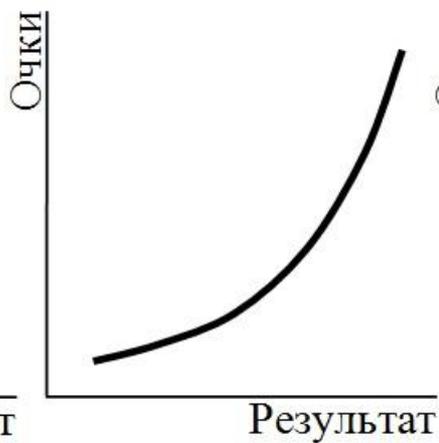
В спорте и физическом воспитании используется четыре типа шкал: пропорциональная, прогрессирующая, регрессирующая, сигмовидная (S-образная).



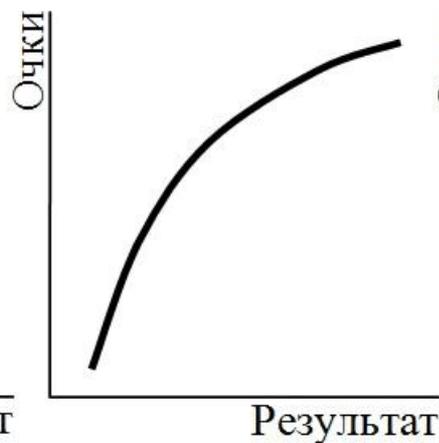
## Четыре основных типа шкал оценок



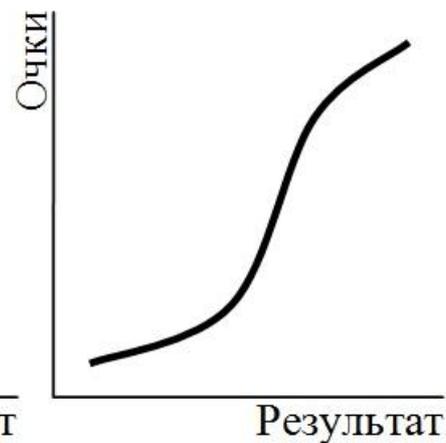
Пропорциональная  
шкала



Прогрессирующая  
шкала



Регрессирующая  
шкала



Сигмовидная  
шкала

## Четыре основных типа шкал оценок

**Пропорциональные шкалы** предполагают начисление одинакового числа очков за равный прирост результатов (например, за каждые 0,1 с улучшения результата в беге на 100 м начисляется 20 очков).

Такие шкалы используются в современном пятиборье, конькобежном спорте, гонках на лыжах, лыжном двоеборье, биатлоне и других видах спорта. Пропорциональная шкала лежит в основе так называемой стандартной шкалы, масштабом в которой служит стандартное (среднеквадратическое) отклонение.

**Прогрессирующие шкалы.** Здесь чем выше спортивный результат, тем большей прибавкой очков оценивается его улучшение (например, за улучшение времени в беге от 15,0 до 14,9 с добавляются 10 очков, а от 10,0 до 9,9 с – 100 очков).

Разрядные нормативы во многих видах спорта (беговых и прыжковых дисциплинах легкой атлетики, плавании, тяжелой атлетике и др.) разработаны на основе прогрессирующей шкалы.

**Регрессирующие шкалы** предполагают начисление, за один и тот же прирост результата по мере возрастания спортивных достижений, все меньшее число очков (например, за улучшение результата в беге на 100 м с 15,0 до 14,9 с добавляются 20 очков, а за 0,1 с в диапазоне 10,0-9,9 с – только 15 очков).

Шкала такого типа предназначена, в основном, для стимулирования отстающих видов в отдельных многоборьях.

**Сигмовидные (или S-образные) шкалы** редко используются в спорте, но широко применяются при оценке физической подготовленности (например, так выглядит шкала стандартов физической подготовленности населения США). В этих шкалах улучшение результатов в зоне очень низких и очень высоких достижений поощряются скупой; больше всего очков приносит прирост результатов в средней зоне достижений.

**Оценка как универсальный измеритель спортивных результатов зависит от критериев, на основе которых оцениваются результаты:**

- а) равенство временных интервалов, необходимых для достижения результатов, соответствующих одинаковым разрядам в разных видах спорта (это возможно лишь в том случае, если содержание и организация тренировочного процесса в этих видах спорта не будет резко отличаться);
- б) равенство объемов нагрузок, которые необходимо выполнить для достижения одинаковых квалификационных норм в разных видах спорта;
- в) равные соотношения между числом спортсменов, выполнивших разрядные нормы в разных видах спорта.

# Оценка комплекса тестов

Существует три основных варианта оценки результатов тестирования спортсменов по комплексу тестов:

*Первый вариант оценки* заключается в выведении обобщенной оценки, которая информативно характеризует подготовленность спортсмена в соревнованиях.



*Второй вариант* оценки результатов комплексного контроля заключается в построении «профиля» спортсмена – графическую форму представления результатов тестирования. Линии графиков наглядно отражают сильные и слабые стороны подготовленности спортсменов.



*Третий вариант оценки – интегральный, выполняется в два этапа. Сначала осуществляется приведение различных показателей (тестирования, измерения) к единому виду. Для этого рассчитывается средняя арифметическая величина ( $\bar{X}$ ) какого-либо признака, затем вычисляется индекс измеряемого показателя для каждого спортсмена по формуле:*

$$J_i = \frac{X_i}{\bar{X}} \text{ усл. ед.},$$

*где  $J_i$  - индекс измеряемого показателя у конкретного спортсмена;  $X_i$  – абсолютное значение измеряемого показателя у конкретного спортсмена;  $\bar{X}$  - средняя арифметическая для исследуемого признака.*

После преобразования, уничтожающего размерность отдельных признаков (результаты в тестах), для каждого в отдельности спортсмена (или разных групп) вычисляется интегральная оценка по формуле:

$$\bar{J}_i = \frac{\sum J_i}{n} \text{ усл. ед.},$$

где  $\bar{J}_i$  – средний индекс по всем признакам (результаты в тестах) для отдельного спортсмена (или группы);  $J_i$  – индекс измеряемого показателя у конкретного спортсмена;  $n$  – количество измеренных показателей в тестах.

**Средний индекс по всем признакам служит интегральной оценкой результативности в тестах.**

## Определение норм в спорте

**Нормой** в спортивной метрологии называется граничная величина результата теста, на основе которой производится классификация спортсмена.

*Нормой в спортивной метрологии называется граничная величина результата, служащая основой для отнесения спортсмена к одной из классификационных групп.*

Существует три вида норм:

- а) индивидуальные;
- б) должные;
- в) сопоставительные.

# Сопоставительные нормы

... имеют в своей основе сравнение людей, принадлежащих к одной и той же совокупности. Процедура определения сопоставительных норм такова:

- 1) выбирается совокупность людей (например, студенты ВУЗов Республики Коми);
- 2) определяются их достижения в комплексе тестов;
- 3) определяются средние величины ( $\bar{X}$ ) и стандартные отклонения ( $\sigma$ );
- 4) значение  $\bar{X} \pm 0,5\sigma$  принимается за среднюю норму, а остальные градации (ниже средней – выше средней, низкая – высокая, очень низкая – очень высокая) – в зависимости от коэффициента при  $\sigma$ .

Например, значение результата в тесте свыше  $\bar{X} + 2\sigma$  считается «очень высокой» нормой.





Вариантом сопоставительных норм являются получившие широкое распространение возрастные нормы.

Эти нормы определяются по результатам тестирования различных возрастных групп.

Типичным **примером** возрастных норм служат нормы комплексной программы физического воспитания учащихся общеобразовательных школ.

# Индивидуальные нормы

... основаны на сравнении показателей одного и того же спортсмена в разных состояниях. Имеют важное значение для индивидуализации тренировки во всех видах спорта. Необходимость их определения возникла вследствие существенных различий в структуре тренированности спортсменов.

Градация индивидуальных норм устанавливается с помощью тех же статистических процедур. За среднюю норму здесь можно принимать показатели тестов, соответствующие среднему результату в соревновательном упражнении. Индивидуальные нормы широко используются в текущем контроле.

*Например, во многих видах спорта нет зависимости между собственным весом тела и спортивным результатом. У каждого спортсмена есть индивидуально оптимальный вес, соответствующий состоянию спортивной формы. Эту норму можно контролировать на разных этапах спортивной подготовки.*

# Должные нормы

... основаны на анализе того, что должен уметь человек, чтобы успешно справляться с задачами, которые перед ним ставит жизнь. Примером этому могут служить нормативы отдельных комплексов по физической подготовке, должные величины *ЖЕЛ*, основного обмена, массы и роста тела, и т.п.

В спортивной практике должные нормы устанавливаются так:

- 1) определяются информативные показатели подготовленности спортсмена;
- 2) измеряются результаты в соревновательном упражнении и соответствующие им достижения в тестах;
- 3) рассчитывается уравнение регрессии типа  $y = b + kx$ , где  $x$  – должный результат в тесте,  $k$  – коэффициент регрессии,  $b$  – свободный член, а  $y$  – прогнозируемый результат в соревновательном упражнении.

Должные результаты в тесте и являются должной нормой. Ее необходимо достичь, и только тогда можно будет показать запланированный результат.

*В основе сопоставительных, индивидуальных и должных норм лежит сравнение результатов одного спортсмена с результатами других спортсменов, показателей одного и того же спортсмена в разные периоды и в разных состояниях, имеющихся данных с должными величинами.*

# Возрастные нормы

Типичным примером являются нормы комплексной программы физического воспитания учащихся общеобразовательной школы, нормы комплекса ГТО, «Президентские состязания» и т.п. Большинство из этих норм составлялись традиционным способом: результаты тестирования в различных возрастных группах обрабатывались с помощью стандартной шкалы, и на этой основе определялись нормы.

*Недостаток: ориентация на паспортный возраст человека не учитывает существенного влияния на любые показатели биологического возраста и размеров тела.*

При использовании традиционных норм (таблиц) для изучения, например, физической подготовленности детей определенного возраста, часть параметров может быть меньше или больше нормативных значений. В этом случае определяется средняя арифметическая весомостей по всем тестам, комплексно отражающая двигательный возраст ребенка.

Определение норм может проводиться также с учетом совместного влияния на результат в тестах паспортного возраста, длины и массы тела. Для этого проводится математический анализ и составляется уравнение множественной регрессии:

$$y = b + k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3,$$

где  $y$  – должный результат в тесте;  $b$  – свободный член;  $k_1, k_2, k_3$  – коэффициенты регрессии;  $x_1$  – паспортный возраст;  $x_2$  – длина и  $x_3$  – масса тела.

На основании решений уравнений регрессии составляются номограммы, по которым легко определить должный результат

# Пригодность норм

Норм большое разнообразие норм (для оценки физического развития, физической подготовленности, функционального состояния организма и др)

Специфичность норм, связанная с множеством факторов (возраст, пол, этническая принадлежность, экология, вид спорта, уровень спортивной подготовленности и мн. др.), определяет пригодность (*релевантность*) тех или иных норм только для той совокупности, для которой они разработаны.

Возрастные нормы с учетом *биологического возраста и особенностей телосложения* лишены многих недостатков, свойственных нормативам по паспортному возрасту.

*Репрезентативность* норм отражает их пригодность для оценки всех людей из генеральной совокупности (репрезентативными могут быть только нормы, полученные на типичном материале).

Важная характеристика норм – *современность* (нормы, установленные много лет назад, в большинстве своем *не приемлемы* для настоящего времени, хотя в свое время они отражали действительную ситуацию).

## Квалиметрия. Количественная оценка качественных характеристик

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

**Квалиметрия** - это наука об измерении и количественной оценке качественных показателей.

**Квалиметрия** (лат. *qualitas* – качество, *metron* – мера) – это раздел метрологии, изучающий вопросы измерения и количественной оценки качественных показателей.

Измерение качества – это установление соответствия между характеристиками таких показателей и требованиями к ним. При этом требования («эталон качества») не всегда могут быть выражены в однозначной и унифицированной для всех форме.

*Качественными* называются показатели, *не имеющие* определенных единиц измерения.

Основное понятие теории физической культуры и спорта - *тренированность* - является атрибутивным, а также многие педагогические понятия - «эффективность выполнения двигательного задания», «техничко-тактическое мастерство спортсмена», «красота», «артистичность», «динамичность» в гимнастике, фигурном катании на коньках, прыжках в воду, «зрелищность» в спортивных играх и единоборствах и т.п.



## Количественная оценка качественных характеристик

В основе квалиметрии лежат следующие исходные положения:

- качество зависит от ряда свойств, образующих древо качества, т.е. необходимо найти составляющие элементы данного качества, их оценить, затем дать оценку всему показателю.
- любое качество или его элементы можно измерить с помощью экспертов, применив специально разработанные шкалы.
- каждое свойство (качество) определяется двумя числами: *относительным показателем*  $K$  и *вместимостью*  $M$  (*относительный показатель* характеризует выявленный уровень измеряемого свойства, а *вместимость* - сравнительную важность разных показателей).
- сумма вместимостей свойств на каждом уровне равна 1 (100%).

**Например**, фигурист получил за технику исполнения оценку  $K_c = 5,6$  балла, а за артистизм – оценку  $K_m = 5,4$  балла. Весомость техники исполнения и артистизма признаны одинаковыми ( $M_c = M_m = 1,0$ ). Поэтому общая оценка  $Q = M_c K_c + M_m K_m$  составила 11,0 балла.

## Количественная оценка качественных характеристик

Методические приемы квалиметрии делятся на две группы:

- **эвристические (интуитивные)** основаны на экспертных оценках и анкетировании;
- **инструментальные** основаны на применении технических средств.

**Анкетированием** называется метод сбора мнений посредством заполнения анкет.

Анкетирование наряду с интервью и беседой относится к методам опроса.

Методы опроса позволяют получать информацию о мнениях людей, мотивах поведения, намерениях и т.д., то есть обо всем, что пока еще не может быть установлено при помощи инструментальных методов измерения.

## Количественная оценка качественных характеристик

Анкетирование предполагает письменные ответы лица, заполняющего анкету - респондента, на систему *стандартизированных* вопросов.

**Анкета** представляет собой опросный лист, в который вносятся ответы респондента на поставленные вопросы (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.

Вопросы анкеты должны быть лаконичны, точны и соответствовать образовательному уровню респондентов.

В начале анкеты располагаются нетрудные вопросы, которые должны заинтересовать респондентов, основную часть вопросов «по существу» помещают в середину анкеты.

Качество анкетирования повысится, если до начала опроса подвергнуть составленную анкету экспертной оценке и усовершенствовать ее в соответствии с высказываниями экспертов.

## Количественная оценка качественных характеристик

**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.

С помощью анкетирования можно решать многие практические задачи в спорте: оценка психологического статуса спортсмена; его отношение к характеру и направленности тренировочных занятий; межличностные отношения в команде; собственная оценка технико-тактической подготовленности; оценка рациона питания и многие другие.

## Количественная оценка качественных характеристик

В зависимости от количества опрашиваемых различают два вида анкетирования: *сплошное* (опрос всей генеральной совокупности) и *выборочное* (опрос части генеральной совокупности – выборки).

Начальным и наиболее важным этапом подготовки к анкетированию является *формирование* или *выбор вопросника*. Это предъявляет особые требования к знаниям исследователя, проводящего анкетирование.

Вопросники любого предназначения должны отвечать некоторым общим правилам:

- включаются только те вопросы, которые имеют прямое или косвенное отношение к задачам исследования и ответы на которые нельзя получить другим способом;
- среди вопросов не должно быть таких, которые вызывали бы нежелание отвечать (содержание и его формулировка), порождали бы отрицательное отношение к исследователю и его работе;
- формулировка вопросов должна быть безупречно грамотной в орфографическом и стилистическом отношении;
- содержание и форма вопросов должны отвечать уровню подготовленности всех респондентов;

## Количественная оценка качественных характеристик

- вопросник должен представлять собой логически обоснованную систему вопросов, а не хаотический их набор;
- по теме исследования должно быть поставлено несколько вопросов («батарея» вопросов). Достоверность информации при этом повышается;
- «батарея» вопросов должна строиться таким образом, чтобы первыми шли вопросы общего характера, а затем частные, углубляющие, детализирующие;
- если в вопроснике затрагивается несколько тем, то переходы между ними должны быть плавными, вставляются связывающие вопросы;
- формулировка вопросов должна побуждать респондентов к лаконичным (кратким) ответам, что ускоряет процесс обработки анкеты.

Характер вопросов определяет вид анкетирования:

- прямое/косвенное;
- безусловное/условное;
- открытое/закрытое;

Кроме того, анкетирование может быть:

- очное/заочное;
- индивидуальное/групповое;
- персональное/анонимное.

## Количественная оценка качественных характеристик

*Прямое анкетирование* включает такие вопросы, которые требуют прямых ответов от респондента об объекте исследований.

*Косвенное анкетирование* предполагает вопросы, ответы на которые может выбрать респондент.

*Безусловное анкетирование* содержит вопросы, предполагающие прямые ответы без каких-либо условий.

*Условное анкетирование* включает вопросы, предполагающие ответы респондента при соблюдении определенных условий.

*Открытое анкетирование* предполагает такие вопросы, ответы на которые не имеют никаких ограничений.

*Закрытое анкетирование* содержит такие вопросы, которые перечисляют возможные ответы.

## Количественная оценка качественных характеристик

*Очное анкетирование* - способ заполнения анкеты респондентом в присутствии исследователя.

*Заочное анкетирование* - способ заполнения анкеты по усмотрению респондента.

*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.

## **Количественная оценка качественных характеристик**

После проведения анкетирования происходит подсчет голосов респондентов, т.е. подводятся итоги 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.

Сложность обработки анкетных данных начинается с момента, когда исследователь komponует матрицу высокого порядка.

В этом случае вступают в силу методы по определению взаимосвязей и противоречий, а также используются методы классификации и оценки особенностей.

# Количественная оценка качественных характеристик

## Метод экспертных оценок

**Экспертной** называется оценка, получаемая путем опроса мнений специалистов.

Экспертиза бывает индивидуальной и групповой.

**Эксперт** - профессионал, специалист, досконально знающий объект исследования в какой-либо отрасли науки, техники, искусства и т.д.

Под экспертными методиками понимают комплекс логических и математико-статистических процедур, направленных на получение от специалистов информации, ее анализ и обобщение с целью подготовки и выбора рациональных решений.

Экспертные методы применимы в том случае, когда выбор и обоснование оценки результата не могут быть выполнены на основании точных измерений и расчетов.

## Количественная оценка качественных характеристик

Виды информации, используемой при работе с экспертной группой:

- эксперт высказывает мнение в виде соответствующего числа в предложенных рамках, т.е. дает оценку.
- эксперт может проранжировать участников, т.е. расставить их по местам.
- эксперт может разбить участников всей совокупности на отдельные подклассы.
- эксперт может попарно сравнивать оцениваемые объекты и сообщает какой из них лучше.

## Количественная оценка качественных характеристик

*Требования, предъявляемые к экспертам:* эксперт должен быть высококвалифицированным, компетентным, беспристрастным специалистом с хорошо развитой интуицией, имеющим широкие взгляды и независимость суждений.

Существует 2 подхода к выбору экспертов:

- проводятся специальные экзамены, применяется самооценка экспертов.
- определяется эффективность деятельности экспертов (абсолютную и относительную).

**Абсолютная** - отношение правильно высказанных мнений к общему числу высказываний эксперта.

**Относительная** - отношение абсолютной эффективности к средней абсолютной эффективности группы экспертов.

# Количественная оценка качественных характеристик

Проведение экспертизы включает в себя следующие этапы:

1. Формирование цели экспертизы.
2. Подбор экспертов.
3. Выбор методики проведения опроса.
4. Обработка полученной информации, в том числе проверка согласованности достоверности индивидуальных экспертных оценок.

*Для осуществления экспертных оценок приглашаются несколько экспертов (чем больше экспертов, тем точнее экспертизы; это определение совпадает с общим принципом статистики - чем полнее исходная статистика, тем точнее результат).*

## Количественная оценка качественных характеристик

Если мнения экспертов совпадают, то *экспертиза считается состоявшейся*, а общее мнение, в котором они единодушны, есть результат экспертизы.

Если их мнения не совпадают, т. е. объект исследования трактуется ими противоположными высказываниями, то экспертиза считается *несостоявшейся*.

*В этом случае следует найти другие подходы к решению проблемы: либо применять иной метод исследования, либо менять состав экспертной группы, либо ставить иные проблемы.*

Расчетная часть метода экспертных оценок заключается в том, чтобы установить согласованность мнений экспертов. С этой целью мнения экспертов должны быть выражены в каких-либо условных единицах: баллах, очках, процентах, частях, рангах и т.д.

*Практика показывает, что мнения экспертов довольно близки, независимо от того, высказываются ли они изолированно или представляются как совместное коллективное решение.*

# Количественная оценка качественных характеристик

Процедура метода экспертных оценок (подготавливаемая исследователями заранее) включает следующие этапы:

- определяется проблема экспертизы;
- выражается численная мера представления мнений экспертов;
- подбирается группа экспертов;
- производится ознакомление экспертов с содержанием и формой проведения экспертизы;
- осуществляется процедура экспертизы;
- подводятся итоги экспертных оценок.

## **Количественная оценка качественных характеристик**

Экспертные оценки, определяемые методом средних величин, используются при оценивании явления, процесса, ситуации и т.д.

Эксперты выражают свое мнение об объекте в условных единицах, которые составляют вариационный ряд, где определяются показатели центральной тенденции и меры рассеивания (дисперсия, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации).

Основная оценка изучаемого объекта дается в виде средней арифметической, а показатели рассеивания указывают на согласованность или несогласованность мнений экспертов.

## Количественная оценка качественных характеристик

Наиболее эффективным показателем является коэффициент вариации, который не должен превышать - 15 %.

Экспертные оценки, определяемые посредством коэффициента корреляции, используются, когда каждый эксперт выражает свое мнение по многим проблемам. Если *коэффициент корреляции окажется высоким* (превышающий величину 0,8 усл. ед.), то экспертизу можно считать *состоявшейся*.

Связь между мнениями экспертов можно установить при помощи рангового коэффициента корреляции.

## Количественная оценка качественных характеристик

**Коэффициент конкордации** используется в тех случаях, когда необходимо установить согласованность различных мнений экспертов. При этом свое мнение они выражают по поводу нескольких явлений.

Коэффициент конкордации - это показатель, определяемый по следующей формуле:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{m^2 (n^3 - n)},$$

где  $x_i$  - мнение эксперта, выраженное в условных единицах по каждому изучаемому объекту;

$\bar{x}$  - средняя арифметическая мнений экспертов;

$m$  - число экспертов;

$n$  - число объектов изучения.

*Коэффициент конкордации находится в пределах  $0 < |W| < 1$ , что позволяет давать оценку согласованности мнений: чем ближе оценка к единице, тем выше согласованность мнений.*

## **Количественная оценка качественных характеристик**

**Ранговое построение** - это вид экспертизы, когда объекты исследования располагаются в порядке предпочтения.

Для того чтобы выявить искомое предпочтение, необходимо каждому эксперту назначить каждому объекту такое количество условных единиц, которые заслуживает данный объект. Затем все единицы суммируются по объектам, а найденные суммы позволяют установить ранговое, т. е. порядковое, построение.

**Метод «мозговой атаки» (brainstorming)** применяют для генерации новых идей.

Идея метода «мозговой атаки» заключается в проведении групповой экспертизы по конкретной проблеме.

Эксперты должны быть профессионалами высшей категории, которые способны обсуждать нестандартные идеи других специалистов.

## Средства измерения

**В практике физического воспитания и спорта используются визуальные и инструментальные методы контроля.**

**Визуальные** - специалисты получают качественное представление о подготовленности спортсмена, наблюдая за его действиями на соревнованиях и тренировочных занятиях. Результат визуальной оценки субъективен, он не основан на четких критериях, его трудно использовать для сравнительного анализа.

**Инструментальные** методы контроля объективны. С их помощью получают количественную оценку любых характеристик и показателей действий спортсмена; изменений, происходящих в его организме при выполнении упражнений и т.п.

*В основе инструментальных методов лежат измерительные системы.*

## Средства измерения

Система измерительной аппаратуры в спорте включает в себя **датчики информации**, **линию связи** и **регистрирующее устройство**, а также в ее состав входит **вычислительное устройство**.

Датчиком называется элемент измерительной системы, который непосредственно воспринимает изменения измеряемого показателя. Основное назначение датчиков – восприятие физических величин, характеризующих измеряемые явления.

Наиболее часто используются следующие:

- фотодиоды;
- реостатные датчики;
- тензорезисторы;
- акселерометры.

## Средства измерения

- *Фотодиоды* - используются в устройствах, с помощью которых измеряют время движения.
- *Реостатные датчики* - используются в устройствах, с помощью которых измеряют амплитуду движений в различных суставах.
- *Тензорезисторы* - являются чувствительными элементами измерительной системы, с помощью которой оцениваются динамические показатели движений.
- *Акселерометры* - предназначены для измерения ускорений; в основе работы такого датчика лежит измерение силы инерции, возникающей при движении.

Инструментальные методы контроля за спортсменами делятся на две группы:

- а) *оптические и оптико-электронные* методы: информация передается на регистрирующее устройство лучами света или тепла;
- б) *механоэлектрические* методы: информация передается сигналами по проводной линии связи или по радио.

## Средства измерения

**Оптические** методы регистрации движений включают в себя фотосъемку и киносъемку.

Количественная оценка проводится с помощью циклографии (изучения движений человека путём последовательного фотографирования (до сотен раз в секунду) меток или лампочек, укрепленных на движущихся частях тела).

**Оптико-электронная** регистрация движений осуществляется с помощью видеозаписи.

**Механоэлектрические** методы применяются для регистрации биоэлектрических процессов, происходящих в организме спортсменов и при измерении биомеханических характеристик движений.

Основные *биоэлектрические процессы*, отражающие соревновательную и тренировочную деятельность, оцениваются при регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) и электромиограммы (ЭМГ).

## Средства измерения

Существует две группы *биомеханических показателей*: динамические (сила, момент, импульс и градиент силы) и кинематические (положение тела и его сегментов во время движений, скорость и ускорение).

Их регистрация осуществляется с помощью нескольких методов: динамометрии, спирометрии, акселерометрии, гониометрии, стабиллометрии.

**Динамометрия** – раздел измерительной техники, посвященный измерению сил.

**Спирометрия** – это метод исследования функции внешнего дыхания, в который входит измерение жизненного объема легких, а также скоростных показателей дыхания.

Акселерометрия – раздел измерительной техники, посвященный измерению ускорений.

Гониометрией называют методы измерения угловых перемещений.

Стабилография – регистрация колебаний тела в положении стоя.

# Средства измерения

## **Измерительные приборы, установки и системы.**

Измерительные приборы – это средства измерений, которые позволяют получать измерительную информацию в форме удобной для восприятия пользователем.

Различают приборы прямого действия и приборы сравнения.

Измерительные установки состоят из функционально объединенных средств измерений и вспомогательных устройств, собранных в одном месте.

Вспомогательные средства измерений величин, называемые измерительными принадлежностями, необходимы для вычисления поправок к результатам измерений, если требуется высокая степень точности.

# Средства измерения

## **Передача и представление измерительной информации**

Передача результатов измерения в области физической культуры и спорта осуществляется двумя способами:

- с помощью проводной связи между спортсменом и исследовательской аппаратурой;
- путем беспроводной связи.

# Статистическая обработка материала. Статистические совокупности, их характеристики.

*Математическая статистика* – наука о математических методах систематизации и использования статистических данных для научных и практических выводов.

Опирается на: теорию вероятностей, позволяющую оценить надежность и точность выводов, делаемых на основании ограниченного статистического материала.

*Статистикуляция* – искусство обмана, сохраняющего видимость объективности и разумности. **«В среднем я чувствую себя прекрасно».**

Неправильное применение методов математической статистики приводит к заведомо ложным выводам. **«Есть ложь, наглая ложь и статистика».**

Точный (математический) инструмент познания работает только в умелых руках.

# Средняя арифметическая

Значение средних заключается в их свойстве нивелировать индивидуальные различия, в результате чего выступает более или менее устойчивая числовая характеристика признака.

Средняя величина характеризует групповые свойства.

В ней находит свое отражение внутренняя связь, существующая между отдельными *вариантами* (отдельные единицы, входящие в состав статистической совокупности) и всей их совокупностью в целом.

*Средняя величина – это центр распределения: она занимает центральное положение в общей массе варьирующих значений признака.*

Из всех параметрических средних наиболее часто применяется *средняя арифметическая* ( $\bar{X}$ ), представляющая частное от деления суммы всех вариантов ( $X_j$ ) на их общее число ( $n$ ):

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Средняя арифметическая  $\bar{X}$  величина именованная, она выражается теми же единицами измерения, что и характеризующий ее признак.

# Размах варьирования

Средняя арифметическая ничего не говорит о величине варьирования изучаемого признака.

Самой простой характеристикой вариации является *размах варьирования*.

Например, если лимиты одной выборки равны:  $\min = 9$  и  $\max = 18$ , а другой,  $\min = 3$  и  $\max = 9$ , то размах вариации в первом случае равен:  $18 - 9 = 9$ , а во втором  $9 - 3 = 6$ , откуда следует, что вариабельность первого признака больше, чем второго.

Описываемые показатели вариации редко применяются в качестве основного мерилa вариабельности в силу их неспособности характеризовать существенные черты варьирования.

$$\begin{array}{l} x: 10 \quad 15 \quad 20 \quad 25 \quad 30 \quad 35 \quad 40 \quad 45 \quad 50; \quad = 30 \\ y: 10 \quad 28 \quad 28 \quad 30 \quad 30 \quad 30 \quad 32 \quad 32 \quad 50; \quad = 30 \end{array} \begin{array}{l} \bar{X} \\ \bar{Y} \end{array}$$

Средние арифметические этих рядов одинаковы, одинаковыми являются и лимиты, а следовательно, и размах вариации. Характер варьирования у них разный, что не отражается на величине этих показателей.

## Дисперсия и среднее квадратическое отклонение

Наиболее подходящей мерой варьирования служит центральный момент второго порядка, обозначаемый символом  $\sigma^2$

Называется средним квадратом отклонений, или *дисперсией*, и выражается формулой:

$$\sigma^2 = \frac{\Sigma(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Извлекая корень квадратный из дисперсии, получим другой показатель – *среднее квадратическое (или стандартное) отклонение*:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Величина  $n - 1$  носит название *числа степеней свободы*, под которым подразумевается число свободно варьирующих членов ( $X_i$ ) совокупности.

Среднее квадратическое отклонение – величина именованная и выражается в тех же единицах измерения, что и признак.

Чем сильнее варьирует признак, тем больше и величина среднего квадратического отклонения, и наоборот, при слабом варьировании признака среднее квадратическое отклонение будет меньше.

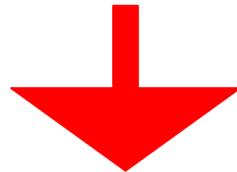
**Средняя арифметическая и среднее квадратическое отклонение дают полную количественную характеристику любой эмпирической совокупности.**

*Средняя арифметическая отображает действие на признак основных причин, определяющих типичный для популяции уровень его развития, тогда как среднее квадратическое отклонение характеризует варьирование значений этого признака вокруг центра распределения, т. е. средней арифметической, является мерой степени влияния на признак различных второстепенных причин, вызывающих его варьирование.*

Среднее квадратическое отклонение не зависит от числа наблюдений, и потому *может использоваться для оценки варьирования однородных признаков.*

Для сравнения вариации двух и более признаков, имеющих различные единицы измерения (например, результаты в беге на 1000 м., прыжках в высоту, метаниях гранаты и т.п.), эта характеристика не пригодна.

Для этого используется коэффициент вариации.



## Коэффициент вариации

Для определения характера рассеивания используют параметр вариационного ряда - **коэффициент вариации (CV)**, который рассчитывают по формуле:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\%$$

С целью использования среднего квадратического отклонения в качестве меры сравнения variability признаков независимо от того, какими единицами измерения они выражены, его принято выражать в процентах от средней арифметической.

При нормальных распределениях CV обычно не превышает 45-50%.

Внутренняя variability признака считается небольшой при CV от 0 до 10%, средней – от 11 до 20% и большой – >20%.

## Ошибка средней арифметической

**Ошибка средней арифметической** ( $m$ ) величина не техническая, а статистическая, и характеризует закономерные колебания (вариации) средней арифметической величины. Ошибка средней вычисляется по формуле:

$$\text{или } \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$$

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

Показывает варьирование выборочных показателей вокруг их генеральных параметров.

Обладает теми же свойствами, что и среднее квадратическое отклонение.

Чем больше объем выборки, тем точнее средний результат, тем меньше выборочная средняя будет отличаться от средней генеральной совокупности (при увеличении числа испытаний ошибка выборочной средней будет уменьшаться).

## Организация выборки

Организацию выборки можно осуществить с помощью четырех отборов:

- *Собственно-случайный отбор.*
- *Механический отбор.*
- *Типический отбор.*
- *Серийный (гнездовой) отбор.*

## Определение показателей генеральной совокупности

Ошибка репрезентативности ( $m$ ) указывает на различие между генеральной и выборочной средней совокупностью. Критерий ( $t$ ) - это показатель вероятности (надежности), согласно которому можно утверждать, что различие между средними показателями генеральной и выборочной совокупности не превышает величину ошибки  $m$ .

Отметим, что в практике спортивных исследований поступают таким образом: находят заранее определенную надежность, при которой исследователь удовлетворен точностью расчета. Обычно это надежность  $P = 0,95$ .

## Понятие о статистической достоверности

В спорте часто на одних и тех же спортсменах проводится измерение через некоторое время (например, в начале и в конце этапа подготовки) или сравнение результатов одной группы (контрольной) с другой (экспериментальной).

В подобных случаях ставится задача определить достоверно или нет одни результаты исследования отличаются от других.

С этой целью применяют специальные статистические методы, называемые *критериями статистической достоверности*, позволяющие обнаружить наличие или отсутствие статистически достоверного различия между выборками.

## Основные критерии статистической достоверности

- Критерий Стьюдента,
- критерий Фишера,
- критерий Вилкоксона,
- критерий Уайта,
- критерий Ван-дер-Вардена (критерий знаков).

## Критерий Стьюдента

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}},$$

На основании свойств нормального закона распределения критерии Стьюдента сравниваются  $t$  и  $t_{гр}$ .

Выводы:

если  $t \geq t_{гр}$ , то различие между сравниваемыми выборками статистически достоверно;

если  $t < t_{гр}$ , то различие статистически недостоверно.

*Принципиально важным является то, что применение указанного метода возможно только для однородных признаков.*

## Критерий Фишера

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2},$$

Сравнение критериев  $F$  и  $F_{гр}$  позволяет сформулировать выводы:  
если  $F > F_{гр}$ , то различие между выборками статистически достоверно;  
если  $F < F_{гр}$ , то различие между выборками статически недостоверно.

(дробь  $\sigma_1^2 / \sigma_2^2$  должна быть  $>1$ , т.е. числитель должен быть всегда больше знаменателя). Значение  $F_{расчет.}$  сравнивается с критическим значением теоретического распределения Фишера

*Критерий Фишера применяется для малых выборок (когда  $n < 30$ ).*

**Спасибо за внимание!**