

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

О. Ю. Лутковская

## СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Электронный учебно-методический комплекс  
для студентов специальности  
1-03 02 01 «Физическая культура»

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2021

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 796.015(075.8)

ББК 75.1я73

Л82

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией гуманитарного факультета (протокол № 5 от 26.01.2021)

Кафедра физической культуры и спорта

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

проф., д-р пед. наук, проф. каф. легкой атлетики Белорусского государственного университета физической культуры Т. П. ЮШКЕВИЧ;

директор Новополоцкого государственного училища Олимпийского резерва В. С. ГУЩИН;  
доц., канд. техн. наук, доц. каф. технологии и методики преподавания Полоцкого государственного университета С. Э. ЗАВИСТОВСКИЙ

**Лутковская, О. Ю.**

Л82 Спортивная метрология [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс / О. Ю. Лутковская. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-985-531-730-3.

Электронный учебно-методический комплекс включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3772022383 от 09.04.2020 г.

Изложены метрологические основы современной теории педагогического контроля в физическом воспитании и спорте, раскрываются возможности использования статистических методов в метрологических измерениях. Включены задания к практическим занятиям и материалы для самоконтроля, даны примерная тематика рефератов по дисциплине и перечень вопросов к экзамену. Представлены основные понятия и термины спортивной метрологии, глоссарий, условные обозначения.

Предназначен для студентов специальности 1-03 02 01 «Физическая культура».

**УДК 796.015(075.8)**

**ББК 75.1я73**

**№ госрегистрации 3772022383**

**ISBN 978-985-531-730-3**

© Лутковская О. Ю., 2021

© Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Спортивная метрология» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Редактор *Т. А. Дарьянова*  
Компьютерный дизайн *М. С. Мухоморовой*

---

Подписано к использованию 02.09.2021.  
Объем издания 3,2 Мб. Тираж 3 экз. Заказ 571.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>

## Содержание

Введение.....	8
Виды занятий и формы контроля.....	10
<b>ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС.....</b>	<b>11</b>
<b>УЭ 1 Введение в спортивную метрологию .....</b>	<b>11</b>
1.1. Предмет спортивной метрологии .....	11
1.2. Становление спортивной метрологии.....	12
1.3. Единицы измерений .....	13
Вопросы для самопроверки .....	16
<b>УЭ 2 Управление процессом подготовки спортсменов .....</b>	<b>16</b>
2.1. Понятие об управлении .....	16
2.2. Управление в спортивной тренировке .....	19
2.3. Контроль в спортивной тренировке .....	20
Вопросы и задания для самопроверки .....	21
<b>УЭ 3 Основы теории измерений .....</b>	<b>22</b>
3.1. Измерение как процесс в спорте .....	22
3.2. Шкалы измерений .....	23
3.3. Точность измерений. Классификация погрешностей.....	25
Вопросы и задания для самопроверки .....	28
<b>УЭ 4 Средства измерений .....</b>	<b>29</b>
4.1. Измерение и его средства.....	29
4.2. Поверка и калибровка средств измерений .....	31
4.3. Методы и схемы поверки .....	33
Вопросы и задания для самопроверки .....	34
<b>УЭ 5 Основы теории вероятностей .....</b>	<b>35</b>
5.1. Общая характеристика теории вероятностей.....	35
5.2. Элементы комбинаторики.....	36
Вопросы и задания для самопроверки .....	38
<b>УЭ 6 Одномерные ряды результатов измерений .....</b>	<b>39</b>
6.1. Составление рядов распределения и их графическое представление .....	39
6.2. Основные статистические характеристики ряда измерений .....	43
6.3. Кривая нормального распределения .....	47
Вопросы и задания для самопроверки .....	52
<b>УЭ 7 Взаимосвязь результатов измерений.....</b>	<b>53</b>
7.1. Функциональная и статистическая взаимосвязи.....	53
7.2. Корреляционное поле .....	54
7.3. Коэффициент корреляции .....	55
7.4. Регрессия .....	60
Вопросы и задания для самопроверки .....	61

<b>УЭ 8 Статистические критерии различий .....</b>	<b>62</b>
8.1. Понятие «критерий различий» .....	62
8.2. Параметрические критерии различий.....	63
8.3. Непараметрические критерии различий .....	66
Вопросы и задания для самопроверки .....	69
<b>УЭ 9 Основы теории тестов .....</b>	<b>69</b>
9.1. Понятие «тест»: требования, виды .....	69
9.3. Стабильность, согласованность, эквивалентность, информативность теста .....	73
Вопросы и задания для самопроверки .....	76
<b>УЭ 10 Основы теории оценивания .....</b>	<b>77</b>
10.1. Оценка как выражение результата теста .....	77
10.2. Таблицы очков по видам спорта и шкалы оценок .....	78
10.3. Основные задачи оценивания. Выбор и обоснование критериев .....	82
10.4. Разновидности норм .....	83
10.5. Условие пригодности норм.....	84
Вопросы и задания для самопроверки .....	86
<b>УЭ 11 Методы количественной оценки качественных показателей.....</b>	<b>87</b>
11.1. Понятие «квалиметрия» и использование ее в спорте.....	87
11.2. Организация и проведение экспертизы.....	88
11.3. Метод анкетирования.....	90
Вопросы и задания для самопроверки .....	91
<b>УЭ 12 Инструментальные методы контроля за спортсменами .....</b>	<b>92</b>
12.1. Состав измерительной системы. Классификация инструментальных методов контроля .....	92
12.2. Характеристика оптических и оптико-электронных методов регистрации движений .....	93
12.3. Характеристика механоэлектрических и телеметрических методов сбора информации о спортсмене.....	97
Вопросы и задания для самопроверки .....	103
<b>УЭ 13–14 Метрологические основы комплексного контроля за технической и тактической подготовленностью спортсменов.....</b>	<b>105</b>
13.1. Необходимость комплексного контроля в подготовленности спортсменов .....	105
13.2. Контроль за технической подготовленностью .....	107
13.3. Контроль за объемом техники .....	109
13.4. Контроль за разносторонностью техники.....	109
13.6. Контроль за освоенностью техники .....	113
13.7. Контроль за спортивной тактикой.....	115
Вопросы и задания для самопроверки .....	119
<b>УЭ 15 Метрологические основы контроля за физической подготовленностью спортсменов .....</b>	<b>120</b>
15.1. Общие требования к контролю за физической подготовленностью спортсменов .....	120

15.2. Контроль за скоростными качествами .....	121
15.3. Контроль за силовыми качествами .....	125
15.4. Контроль за уровнем развитием выносливости .....	127
15.5. Контроль за гибкостью и ловкостью .....	131
Вопросы и задания для самопроверки .....	133
<b>УЭ 16 Контроль за тренировочными и соревновательными нагрузками .....</b>	<b>134</b>
16.1. Классификация тренировочных средств.	
Контроль за специализированностью нагрузки .....	135
16.2. Контроль за направленностью нагрузки .....	137
16.3. Контроль за координационной сложностью нагрузки.....	138
16.4. Контроль за величиной нагрузки .....	139
16.5. Контроль за соревновательными нагрузками.....	141
Вопросы и задания для самопроверки .....	142
<b>УЭ 17 Классификация свойств и показателей спортивной подготовленности.....</b>	<b>143</b>
17.1. Показатели спортивной подготовленности.....	143
17.2. Показатели соревновательной надежности.....	145
17.3. Показатели личности спортсмена .....	147
17.4. Критерии оценивания спортивной подготовленности .....	148
Вопросы и задания для самопроверки .....	149
<b>УЭ 18 Стандартизация спортивной подготовленности спортсменов .....</b>	<b>150</b>
18.1. Стандартизация в спорте: цели, задачи, функции .....	150
18.2. Методы осуществления стандартизации.....	153
18.3. Паспортизация методик выполнения измерений в спорте .....	154
Вопросы и задания для самопроверки .....	156
<b>СЕМИНАРСКИЕ (ПРАКТИЧЕСКИЕ) ЗАНЯТИЯ.....</b>	<b>157</b>
Занятие 1 Спортивная метрология как учебная дисциплина.....	157
Занятие 2 Управление процессом подготовки спортсменов.....	158
Занятие 3 Основы теории измерений средства измерений .....	160
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ТЕСТЫ .....</b>	<b>163</b>
<b>ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ.....</b>	<b>175</b>
Введение .....	175
Общие правила и рекомендации по выполнению лабораторных работ .....	176
Лабораторная работа 1	
<b>Основы теории вероятностей .....</b>	<b>177</b>
Лабораторная работа 2	
<b>Упорядочивание и графическое представление .....</b>	<b>181</b>
Лабораторная работа 3	
<b>Определение основных статистических характеристик ряда измерений .....</b>	<b>186</b>
Лабораторная работа 4	
<b>Определение различия результатов измерений на основании критерия студента .....</b>	<b>190</b>

Лабораторная работа 5	
<b>Алгоритм применения критерия Фридмана для сопоставления трех и более показателей испытуемых .....</b>	<b>195</b>
Лабораторная работа 6	
<b>Взаимосвязь результатов измерений.....</b>	<b>197</b>
Лабораторная работа 7	
<b>Вычисление рангового коэффициента корреляции Спирмена .....</b>	<b>202</b>
Лабораторная работа 8	
<b>Регрессионный анализ .....</b>	<b>204</b>
Лабораторная работа 9	
<b>Степень согласованности мнений экспертов.....</b>	<b>208</b>
<b>Контроль знаний студентов .....</b>	<b>213</b>
<b>Рейтинговый контроль по дисциплине .....</b>	<b>215</b>
<b>Основные Понятия И Термины Спортивной Метрологии .....</b>	<b>217</b>
<b>Глоссарий.....</b>	<b>221</b>
<b>Условные обозначения .....</b>	<b>226</b>
<b>Литература .....</b>	<b>228</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>229</b>

## Введение

Учебно-методический комплекс «Спортивная метрология» разработан на основе базового учебного плана (регистрационный № ТД-NO.55 от 07.03.2012 г.) для студентов специальности 1-03 02 01 «Физическая культура».

**Цель преподаваемой дисциплины** – сформировать у студентов знания и умения в области спортивных измерений и обработки их результатов.

**Задачи преподаваемой дисциплины:**

- ознакомить с метрологическими основами современной теории комплексного контроля в физическом воспитании и спорте;
- обучить студентов основным методам статистической обработки результатов измерений;
- приблизить содержание обучения к практике будущей профессиональной деятельности.

Изучение данного курса нацеливает студентов также на формирование умений и навыков организации самостоятельной работы в процессе самопознания.

Изучение спортивной метрологии направлено на формирование у студентов ряда компетенций:

– **академических.**

Студент должен:

- владеть и применять базовые знания для решения теоретических и практических задач в области спортивной метрологии;
  - уметь определять основные статистические характеристики результатов измерений;
  - владеть навыками проведения тестирования двигательных качеств;
  - уметь оценивать достоверность статистических характеристик;
  - владеть междисциплинарным подходом при решении проблем в организации;
  - иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой компьютером;
  - уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- **социально-личностных.**

Студент должен:

- обладать качествами гражданственности, быть способным к социальному взаимодействию, межличностным коммуникациям;



- быть способным к критике и самокритике;
- уметь работать в коллективе;
- **профессиональных.**

Студент должен:

- контролировать и поддерживать трудовую и производственную дисциплину;
- анализировать и оценивать собранные данные в процессе выполнения практических работ;
- разрабатывать, представлять и согласовывать представляемые материалы;
- **в научно-исследовательской деятельности:**
  - организовывать и проводить тестирования физической подготовленности;
  - применять методы математической статистики при обработке данных;
  - оценивать технико-тактическое мастерство спортсмена.

Реализация задач дисциплины позволяет специалисту в области физического воспитания и спорта проводить измерения, систематизировать полученные результаты, обрабатывать их с использованием методов математической статистики, грамотно интерпретировать результаты обработки. Для изучения дисциплины «Спортивная метрология» необходимы знания по следующим дисциплинам: «Анатомия», «Физиология», «Биохимия», «Биомеханика», «Педагогика», «Психология», «Теория и методика физического воспитания». Знания и умения, полученные на занятиях по спортивной метрологии, способствуют качественному изучению студентами других общепрофессиональных и специальных дисциплин, помогают на более высоком уровне выполнить экспериментальную часть курсовой (дипломной) работы.

Структура учебного курса включает 18 учебных элементов (УЭ), блок семинарских (практических) занятий, лабораторный практикум, темы рефератов, дополнительный материал в виде определений основных понятий, терминов и условных обозначений, примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену, приложения, список рекомендуемой литературы.

Основа каждого учебного элемента – темы, указанные в учебной программе. Кроме плана и текстового материала каждый учебный элемент содержит вопросы для самопроверки по всему содержанию темы. Для контроля успешности усвоения знаний в межэкзаменационный период планируется проведение двух контрольных срезов.

## ВИДЫ ЗАНЯТИЙ И ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Виды занятий, формы контроля занятий	Д		З	
	П	С	П	С
Курс	III	–	V	–
Семестр	5	–	9	–
Лекция, ч	36	–	10	–
Экзамен (семестр)	5	–	9	–
Практические (семинарские), ч	6	–	–	–
Лабораторные занятия, ч	18	–	8	–

**Примечание:** Д – дневная форма обучения; З – заочная форма обучения; П – полный срок обучения; С – сокращенный срок обучения.

# ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

## УЭ 1

### ВВЕДЕНИЕ В СПОРТИВНУЮ МЕТРОЛОГИЮ

1. Предмет спортивной метрологии.
2. Становление спортивной метрологии.
3. Единицы измерений.

#### 1.1. Предмет спортивной метрологии

Слово **«метрология»** в переводе с древнегреческого означает «наука об измерениях» (*метрон* – мера, *логос* – слово, наука).

Основная задача общей метрологии – обеспечение единства и точности измерений. Спортивная метрология как научная дисциплина представляет собой часть общей метрологии. **Предмет спортивной метрологии** – комплексный контроль в физическом воспитании и спорте, включающий в себя контроль за состоянием спортсмена, тренировочными нагрузками, техникой выполнения упражнений, спортивными результатами и поведением спортсмена на соревнованиях, а также сопоставление данных, их оценка и анализ.

В практике физического воспитания и спорта распространено мнение, что комплексным может называться контроль, включающий педагогические, психологические, социологические и другие показатели. Такой подход односторонен. Комплексный – это контроль, в ходе которого регистрируется совокупный итог различных показателей соревновательной и тренировочной деятельности, а также состояние спортсменов. Только в этом случае возможно сопоставить их значения, установить причинно-следственные связи между нагрузками и результатами в соревнованиях и тестах.

Традиционно метрология занималась измерением только физических величин. В последние десятилетия были созданы методы, позволяющие измерять разнообразные показатели нефизической природы (психологические, биологические, социологические, педагогические и др.).

Однако среди метрологов нет единой точки зрения о границах своей науки. Одни специалисты считают, что метрология должна по-прежнему заниматься лишь вопросами измерения физических величин, другие рассматривают ее как науку обо всех видах измерений.

## 1.2. Становление спортивной метрологии

Становление и развитие предмета спортивной метрологии предопределило гениальное высказывание британского физиолога, Нобелевского лауреата Арчибальда Вивиана Хилла: «Наибольшее количество сконцентрированных физиологических данных содержится не в книгах по физиологии..., а в мировых рекордах по бегу».

Первым кривой рекордов заинтересовался австралийский ученый Кенелли, предложивший для ее описания гиперболическую функцию. Его публикация определила направление исследований в этой области. Созданная учеными интерполяционная формула (приближенное выражение функции) для описания этой кривой оставалась неизменной долгое время. Например, для аппроксимации (метод, состоящий в замене одних объектов другими, близкими к исходным, но более простыми) эмпирических данных использовался следующий прием: имея три основные переменные – дистанцию, время и скорость, исследователь строил графики «дистанция – время», «дистанция – скорость», «скорость – время», откладывая на осях обычно не сами эмпирические данные, а их логарифмы. Под преобразованные таким образом данные подбирались интерполяционные формулы.

Во второй половине XX в. были предприняты попытки перейти к содержательному математическому описанию кривой рекордов на основе некоторых модельных представлений о факторах, ограничивающих работоспособность при напряженных физических упражнениях. В 1954 г. английский ученый Генри первым предложил использовать пятичленное экспоненциальное выражение. Он исходил из того, что в кривой рекордов должно находить отражение существование четырех различных источников энергии при мышечной деятельности, которые появляются при распаде макроэнергетических фосфорных соединений: гликолиз, аэробное окисление углеводов и жиров. Пятый член предложенного Генри выражения характеризует затраты энергии на начальное ускорение со старта. Предложенное им уравнение позволило с большой точностью предсказать достижения в широком диапазоне дистанций.

Сходный модельный подход использовали также лондонские ученые Тарнер и Кемпбелл, предложившие биометрическую теорию рекордов в беге от 400 до 10 000 м. Авторы исходили из того, что длительное передвижение с постоянной скоростью возможно лишь при так называемых

субкритических скоростях, где кислородный долг – запрос меньше текущего потребления кислорода. При скорости выше критической энергетическое обеспечение деятельности во все большей степени начинает осуществляться за счет анаэробных реакций, что приводит к более быстрому исчерпанию механизмов кислородного долга. На этой основе авторы предложили для описания кривой рекордов формулу, где скорость передвижения рассматривалась как функция от мощности аэробных и анаэробных механизмов поставки энергии.

Как учебный предмет спортивная метрология стала изучаться в высших учебных заведениях в 60-х годах XX в.

В практике современного вуза содержание данного предмета сводится к изучению следующих положений:

- основы измерений в физической культуре и спорте;
- методы первичной обработки фактического измерения материала;
- корреляционный анализ;
- принципы выявления тенденций и закономерностей в спорте;
- квалиметрия, или методы количественной оценки качества показателей;
- подходы к тестированию спортсменов;
- принципы моделирования спортивных состязаний и др. [1].

### 1.3. Единицы измерений

Чтобы результаты разных измерений можно было сравнивать друг с другом, они должны быть выражены в одних и тех же единицах.

История насчитывает большое число разнообразных единиц измерения. Например, только в дореволюционной России для измерения длины использовались такие наименования, как верста (равная 1,0668 км), сажень (2,1336 м), аршин (0,7112 м), вершок (4,445 см), дюйм (2,54 см) и другие меры. Это приводило к затруднениям при использовании их на практике.

Первая единая система мер была разработана в конце XVIII в. в период Великой Французской революции. Это известная всем метрическая, или, как ее иначе называют, десятичная система мер. Отражая уровень знаний того времени, она включала в себя лишь единицы длины, массы, площади, объема и вместимости. В ней не было мер теплоты, электричества и др. Впервые понятие о **системе единиц** как совокупности основных и производных физических величин ввел немецкий ученый К.Ф. Гаусс в 1832 г. По его методу

построения систем единиц различных величин сначала устанавливают или выбирают произвольно несколько величин независимо друг от друга. Единицы этих величин называют **основными**, т.к. они являются основой построения системы единиц других величин, называемых **производными**. Полная совокупность основных и производных единиц, установленных таким путем, и является **системой единиц физических величин**.

В качестве основных единиц в системе, предложенной Гауссом, были приняты: единица длины – миллиметр, единица массы – миллиграмм, единица времени – секунда. Эту систему единиц называли **абсолютной**.

Первоначально были созданы системы единиц, основанные на трех единицах, и предпочтение отдавалось системам, построенным на единицах длины – массы – времени. В физике нашла применение система СГС (сантиметр – грамм – секунда), в технике – МКС (метр – килограмм – секунда).

Наличие ряда систем измерения физических величин, большое число внесистемных единиц и неудобства, возникающие на практике в связи с пересчетами при переходе от одной системы к другой, вызвали необходимость создания единой универсальной системы единиц, которая охватывала бы все отрасли науки и техники и была принята в международном масштабе.

В 1960 г. на Международной и генеральной конференции по мерам и весам была принята Международная система единиц, получившая сокращенное название СИ (от начальных букв слов *Systeme International*). В 1961 г. Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР утвердил ГОСТ 9667-61 «Международная система единиц», которым устанавливалось предпочтительное применение этой системы во всех областях науки и техники, в народном хозяйстве.

Система СИ в настоящее время включает семь не зависящих друг от друга основных единиц (таблица 1), из которых в качестве производных выводят единицы остальных физических величин. Производные единицы определяются на основе формул, связывающих между собой физические величины. Например, единица длины (метр) и единица времени (секунда) – основные единицы, а единица скорости (метр в секунду) – производная.

Кроме основных в СИ выделены две дополнительные единицы: радиан (единица плоского угла) и стерадиан (единица телесного угла, т.е. угла в пространстве).

В практике измерений удобнее применять более крупные (кратные) или более мелкие (дольные) единицы, для образования которых должны использоваться специальные приставки (таблица 2).

Таблица 1. – Основные единицы СИ

Величина	Размерность	Единица		
		Название	Обозначение	
			русское	междунар.
Длина	L	метр	м	M
Масса	M	килограмм	кг	Kg
Время	T	секунда	с	S
Сила электрического тока	I	ампер	A	A
Температура	$\theta$	кельвин	K	K
Количество веществ	N	моль	моль	Mol
Сила света	G	кандела	кд	Cd

Таблица 2. – Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований (выборочно)

Множитель	Приставка
1 000 000 = $10^6$	Мега
1000 = $10^3$	Кило
100 = $10^2$	Гекто
10 = $10^1$	Дека
0,1 = $10^{-1}$	Деци
0,01 = $10^{-2}$	Санتي
0,001 = $10^{-3}$	Милли
0,000 001 = $10^{-6}$	Микро

Все производные величины имеют свои размерности. Размерностью называется выражение, связывающее производную величину с основными величинами системы при коэффициенте пропорциональности, равном единице. Например, размерность длины –  $L$ , размерность времени –  $T$ , отсюда размерность скорости равна  $\frac{L}{T} = L \cdot N^{-1}$ , а размерность ускорения равна  $L \cdot N^{-2}$ .

Большое достоинство СИ в том, что при ее применении многие важные физические величины (например, энергия) выражаются в одних и тех же единицах в системах разной природы (механических, электрических, магнитных и др.):

$$\text{джоуль} = \text{ньютон} \times \text{метр} = \text{вольт} \times \text{кулон} = \text{ампер} \times \text{вебер}.$$

Помимо единиц измерения, входящих в систему, есть также **внесистемные** единицы (час, минута, лошадиная сила, калория и др.). От многих из них нельзя отказаться из-за удобства их применения, некоторые сохранились исторически.

## Вопросы для самопроверки

1. Что означает слово «метрология»?
2. Дайте определение понятия «спортивная метрология».
3. Что входит в содержание спортивной метрологии?
4. Какие показатели нефизических величин были введены в современные метрологические измерения в спорте?
5. В какой исторический период стал формироваться предмет спортивной метрологии?
6. Кто стоял у истоков идеи метрологических измерений в спорте?
7. Кто из ученых одним из первых предложил математическое описание кривой рекордов?
8. Какие разделы спортивной метрологии изучаются в современных вузах соответствующего профиля?
9. Когда была разработана первая единая система мер?
10. Кто и когда ввел понятие о системе единиц как совокупности основных и произвольных единиц?
11. В каком году была принята Международная система единиц (СИ)?
12. Назовите основные единицы СИ.

## УЭ 2

### УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ

1. Понятие об управлении.
2. Управление в спортивной тренировке.
3. Контроль в спортивной тренировке.

#### 2.1. Понятие об управлении

**Управлением** в науке называется перевод какой-либо системы в желаемое состояние. Ключевым элементом данного определения выступает понятие «система».

**Системой** называется совокупность каких-либо элементов, образующих единое целое на основе взаимосвязи (сердечно-сосудистая система человека, организм спортсмена, система «ученик – тренер», спортивная секция, спортивный клуб, спортивное общество и т.д.). Однотипные системы



(например, сердечно-сосудистые системы разных спортсменов) имеют од- нотипные свойства, отличающиеся, однако, по величине. Величина, характеризующая какое-либо свойство системы, называется **переменной** (другие названия – характеристика, параметр, показатель). Всякая реальная система имеет большое число переменных. Переменные, которые важны с точки зрения рассматриваемой задачи, называются **существенными**, а те, которые с этой точки зрения не важны, – несущественными.

**Состояние системы** (в данный момент времени) определяется совокупностью значений ее существенных переменных, которые удобно изображать графически в виде точки в системе координат. Например, известно, что для прыгунов в длину большое значение имеет максимальная скорость разбега и прыгучесть. Если отложить на графике (рисунок 1) показатели скорости разбега и результаты в прыжках с места, то получим наглядное изображение на плоскости состояния спортсмена.

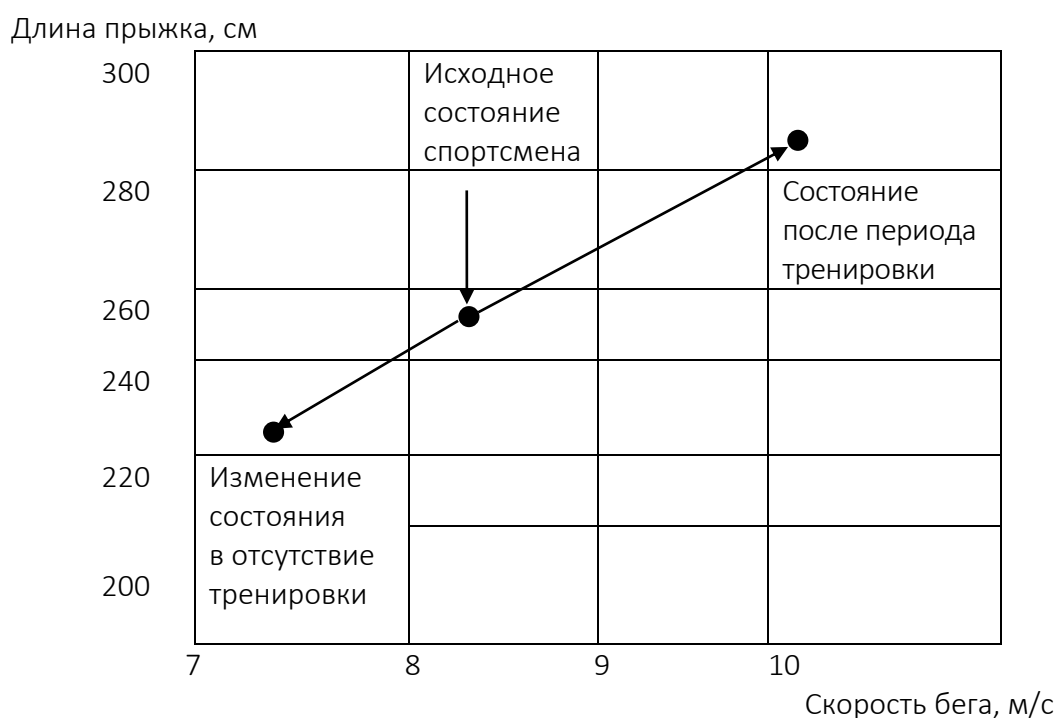


Рисунок 1. – Графическое изображение состояния спортсмена

Точка, отражающая на графике состояние системы, называется **репрезентативной**. Если бы мы измерили у спортсменов еще какой-либо третий показатель (например, результаты в приседании со штангой), то пришлось бы строить трехмерный (стереометрический) график, изображая некоторое пространство. Пространство, в котором изображаются переменные системы,

называется **пространством состояний** этой системы. Данная терминология сохраняется и тогда, когда число переменных системы больше трех и непосредственно построить график нельзя. В этом случае также говорят, что состояние системы характеризуется положением ее репрезентативной точки в пространстве состояний.

С течением времени состояние системы меняется, т.к. изменяется «качество» элементов ее составляющих. Соответственно меняется и положение репрезентативной точки в пространстве состояний. Например, если спортсмен по какой-либо причине перестанет тренироваться, то он может потерять определенные характеристики, что приведет к изменению системы. Чтобы состояние системы изменилось желаемым образом, на нее надо оказать определенное осознанное воздействие. Это воздействие и называется **управлением**.

Управляемая система состоит из двух объектов: управляемого и управляющего.

В организме человека, например, управление осуществляется центральной нервной системой, а в роли управляемого объекта может выступать любой орган или система организма. Управляемый и управляющий объекты всегда соединены **связями**. **Прямой** называется связь, идущая от управляющего объекта к объекту управления, **обратной** – от объекта управления к управляющему устройству или органу.

В системе управления спортивными коллективами примером прямых связей могут быть приказы и распоряжения руководства, примером обратных связей – сведения, поступающие к руководству о положении дел в различных подразделениях коллектива.

Успешное управление сложными системами возможно лишь при наличии обратных связей. Они позволяют определять состояние объекта управления, в частности сравнивать действительное состояние объекта с должным (запрограммированным). Различие между действительными значениями существенных переменных системы и должными называется **рассогласованием**. Например, если тренер запланировал, что в сентябре его ученик должен присесть со штангой 120 кг на плечах, а в действительности он может присесть с весом только 100 кг, то рассогласование составляет  $120 - 100 = 20$  кг. При рассогласовании в управление вносят необходимые изменения. Их называют **коррекциями** (от английского *correction* – исправление, поправка).

Сбор информации о состоянии объекта управления и сравнение его действительного состояния с должным называются **контролем**. Обратные

связи в системе управления обеспечивают контроль над управляемым объектом. То, что разные системы управления могут иметь сходную структуру, позволяет создать единую теорию управления.

## 2.2. Управление в спортивной тренировке

Спортивную тренировку, равно как и физическое воспитание, можно рассматривать как процесс управления. Поэтому ограничимся при раскрытии этого вопроса собственно физическим воспитанием (в узком смысле), не затрагивая проблем умственного, нравственного и эстетического воспитания.

В каждый момент времени человек находится в определенном физическом состоянии, которое определяет как минимум:

- здоровье;
- телосложение;
- состояние физиологических функций, в частности двигательной.

То физическое состояние, которого стихийно достигает человек под влиянием условий жизни, обычно далеко от желаемого. Поэтому физическим состоянием человека надо управлять, изменяя его в нужном направлении. Этому служит физическое воспитание с использованием специальных средств (преимущественно физических упражнений).

Сложность управления в спортивной тренировке заключается в том, что мы не можем непосредственно управлять изменением спортивных результатов. Например, мы не в состоянии каким-либо прямым способом повысить у спортсмена силу или выносливость. Это можно сделать только опосредствованно. Фактически тренер управляет лишь действиями (или, как иначе говорят, **поведением**) спортсмена: он задает ему определенную программу упражнений (тренировочную нагрузку) и добивается ее правильного выполнения, в частности правильной техники движений.

Те изменения в организме, 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. Те изменения в организме, которые происходят в результате суммирования следов многих тренировочных занятий, называются **кумулятивным тренировочным эффектом** (от лат. *кумул* – куча). При правильно построенном процессе тренировки этот эффект выражается в повышении работоспособности и спортивных результатов.

Таким образом, в спортивной тренировке имеет место следующая последовательность причин и следствий:

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

Поведением спортсмена, строго говоря, управляет не тренер, а сам спортсмен. Тренер дает ему указания, которые он может выполнить, а может и нет.

**Специфика управления** в спортивной тренировке заключается в том, что мы пытаемся воздействовать на самоуправляемую систему (организм спортсмена). Реакции этой системы определяются ее собственными законами, нам во многом неизвестными. Хотя наличие причинных связей в вышеприведенной цепочке может лишь косвенно влиять на каждое из этих звеньев. При этом из-за очень больших индивидуальных и временных различий в состоянии спортсменов нет уверенности в том, что, применяя одно и то же воздействие, получим одну и ту же ответную реакцию. Одинаковая тренировочная нагрузка может вызвать разный тренировочный эффект.

### 2.3. Контроль в спортивной тренировке

Различают четыре направления в педагогическом контроле:

- сведения, получаемые от спортсмена (о самочувствии, отношении к происходящему, настроении и т.п.);
- сведения о поведении спортсмена (какие тренировочные задания 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 в подготовленности спортсменов).

Схема управления приобретает тогда следующий вид (рисунок 2).

Для того чтобы спортивная тренировка стала действительно управляемым процессом, необходимо, чтобы тренер принимал решения с учетом результатов объективных измерений. Тренировка, построенная, например, с учетом только самочувствия спортсмена и интуиции тренера, не может дать хороших результатов.

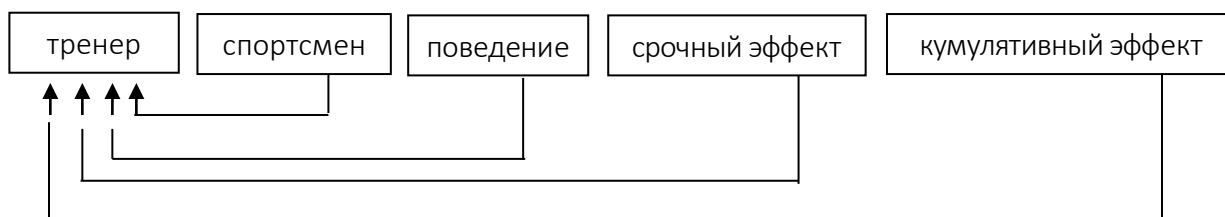


Рисунок 2. – Схема управления тренировочным процессом

Контроль начинается с измерения, но не исчерпывается им. Нужно еще знать, что измерять, уметь выбирать наиболее информативные (существенные) показатели; владеть методами контроля; уметь математически грамотно обрабатывать результаты наблюдений.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Дайте определение понятия «управление».
2. Что такое система? Приведите примеры однотипных систем.
3. Что такое переменная в системе?
4. Какие переменные относятся к существенным, а какие нет?
5. Как определить состояние системы?
6. Как называется точка, отражающая на графике состояние системы?
7. Что такое пространство состояния системы?
8. Что Вы понимаете под управляющим и управляемым объектами?
9. Что такое прямая связь? Приведите пример.
10. Что такое обратная связь? Приведите пример.
11. Что такое рассогласование переменных?
12. Как называют действия, проводимые для устранения рассогласования?
13. Что такое контроль?
14. Какими характеристиками определяется физическое состояние человека?
15. Чем объясняется сложность управления в спортивной тренировке?
16. Какие изменения в организме называются срочным тренировочным эффектом, а какие кумулятивным?
17. Нарисуйте схему появления данных видов эффекта в тренировочном процессе.
18. Назовите четыре направления педагогического контроля в спортивной тренировке.
19. Какие действия, кроме измерения, входят в педагогический контроль?

## УЭ 3 ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Измерение как процесс в спорте.
2. Шкалы измерений.
3. Точность измерений. Классификация погрешностей.

### 3.1. Измерение как процесс в спорте

**Измерением (в узком смысле слова)** какой-либо физической величины называется операция, в результате которой определяется, во сколько раз эта величина больше (или меньше) другой величины, принятой за эталон. Так, например, за эталон длины принят метр. Проводя измерения в соревнованиях или в тесте, можно установить, сколько метров, например, содержится в результате, показанном спортсменом, в прыжке в длину, в толкании ядра и т.д. Точно так же можно измерить время движений, мощность, развиваемую при их выполнении, и т.п.

В спортивной практике встречаются более сложные измерения. Очень часто нужно, например, оценить выразительность исполнения упражнений в фигурном катании, на коньках или художественной гимнастике; сложность движений прыгунов в воду; утомление марафонцев; тактическое мастерство футболистов и фехтовальщиков. Здесь установленных эталонов нет, но именно эти измерения во многих видах спорта наиболее информативны. В этом случае **измерением (в широком смысле слова)** называют установление соответствия между изучаемыми явлениями, с одной стороны, и числами с другой.

Можно установить отношения «больше – равно – меньше». Это даст возможность утверждать, что, например, спортсмен А владеет техникой лучше спортсмена Б, а техника у Б лучше, чем у В, и т.д.

Физическое воспитание и спорт начинается с комплексного контроля. Информация, получаемая здесь, служит основой для всех последующих действий тренеров, научных и административных работников, которые оценивают показатели (например, выносливость бегунов-спринтеров или эффективность техники боксеров). Они должны это делать **одинаково**. Для этого существуют **стандарты** на измерения (более подробно см. УЭ 18).

## 3.2. Шкалы измерений

Для измерений в спорте используют следующие виды шкал: наименований, порядка, интервалов, отношений.

**Шкала наименований** – самая простая из всех шкал. В ней числа выполняют роль ярлыков и служат для обнаружения и различения изучаемых объектов (например, нумерация игроков футбольной команды). Числа, составляющие шкалу наименований, разрешается менять местами. В этой шкале нет отношений типа «больше – меньше», поэтому некоторые полагают, что применение шкалы наименований не стоит считать измерением. При использовании шкалы наименований могут проводиться только некоторые математические операции. Например, ее числа нельзя складывать или вычитать, но можно подсчитывать, сколько раз (как часто) встречается то или иное число.

**Шкала порядка.** Есть виды спорта, где результат спортсмена определяется только местом, занятым на соревнованиях (например, единоборства). После таких соревнований ясно, кто из спортсменов сильнее, а кто слабее. Но насколько сильнее или слабее, сказать нельзя. Если три спортсмена заняли соответственно первое, второе и третье места, то каковы различия в их спортивном мастерстве: второй спортсмен может быть почти равен первому, а может быть существенно слабее его и быть почти одинаковым с третьим. Места, занимаемые в шкале порядка, называются **рангами**. Поэтому шкалу порядка часто называют **ранговой** (неметрической). В такой шкале составляющие ее числа упорядочены по рангам (т.е. занимаемым местам), но интервалы между ними точно измерить нельзя. В отличие от шкалы наименований шкала порядка позволяет не только установить факт равенства или неравенства измеряемых объектов, но и определить характер неравенства в виде суждений «больше – меньше», «лучше – хуже» и т.п., т.е. можно измерять качественные показатели. Поэтому широко эти шкалы используются в гуманитарных науках: педагогике, психологии, социологии.

К рангам шкалы порядка можно применять большее число математических операций, чем к числам шкалы наименований.

**Шкала интервалов** – шкала, в которой числа не только упорядочены по рангам, но и разделены определенными интервалами. Особенность ее состоит в том, что нулевая точка выбирается произвольно. Примером может быть календарное время (начало летоисчисления в разных календарях

устанавливалось по случайным причинам), суставной угол (угол в локтевом суставе при полном разгибании предплечья может приниматься равным либо нулю, либо 180°), температура и др.

Таблица 3. – Шкалы измерений

Шкала	Основные операции	Допустимые Математические процедуры (статистика)	Примеры
Наименования	Установление равенства	Число случаев; мода; корреляция случайных событий	Нумерация спортсменов в команде. Результаты жеребьевки
Порядок	Установление соотношений «больше» или «меньше»	Медиана; ранговая корреляция; ранговые критерии; проверка гипотез	Место, занятое на соревнованиях. Результаты ранжирования спортсменов группой экспертов
Интервалы	Установление равенства интервалов	Среднее; среднее квадратическое (стандартное) отклонение; корреляция	Календарные даты (время). Суставной угол
Отношения	Установление равенства отношений	Коэффициент вариации; среднее арифметическое	Длина, сила, масса, скорость и т.п.

Результаты измерений по шкале интервалов можно обрабатывать всеми математическими методами, кроме вычисления отношений. Показатели шкалы интервалов дают ответ на вопрос «насколько больше?», но не позволяют утверждать, что одно значение измеренной величины во столько-то раз больше или меньше другого. Например, если температура повысилась с 10 до 20° по Цельсию, то нельзя сказать, что стало в два раза теплее.

**Шкала отношений** отличается от шкалы интервалов только тем, что в ней строго определено положение нулевой точки, что позволяет не ограничивать математический аппарат, используемый для обработки результатов наблюдений.

В спорте по шкале отношений измеряют расстояние, силу, скорость и десятки других переменных.

При использовании шкалы отношений (и только в этом случае!) измерение какой-либо величины сводится к экспериментальному определению



отношения этой величины к другой подобной, принятой за единицу. Измеряя длину прыжка, мы узнаем, во сколько раз эта длина больше длины другого тела, принятого за единицу длины (метровой линейки в частном случае); взвешивая штангу, определяем отношение ее массы к массе другого тела – единичной гири «килограмма» и т.п.

В таблице 3 приведены сводные сведения о шкалах измерения. В частности, указаны методы математической статистики, которые можно использовать при работе с теми или другими шкалами.

### 3.3. Точность измерений. Классификация погрешностей

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.

**Погрешность** – отклонение результата измерений от действительного, истинного назначения измеряемой величины.

**Основная погрешность** – это погрешность метода измерения, 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.

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

$$\Delta A_d = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100\% . \quad (3.1)$$

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

$$\Delta A_n = \frac{\Delta A}{A_m} \cdot 100\% . \quad (3.2)$$

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  $\Delta A_n$ , выраженное в процентах, определяет в нормальных условиях работы класс точности измерительного прибора. При этом учитывается только основная погрешность. Например, пульсотаксометр класса точности 1,0, рассчитанный на измерение ЧСС в диапазоне до 200 уд/мин, может в нормальных условиях работы вносить в измерение погрешность, равную  $200 \text{ уд/мин} \times 0,01 = 2 \text{ уд/мин}$ .

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 положительная.

**Систематической** называется погрешность, величина которой не меняется от измерения к измерению. Поэтому систематическая погрешность часто может быть предсказана заранее или в крайнем случае обнаружена и устранена по окончании процесса измерения.

Систематические погрешности измерения можно разделить на три группы:

- погрешности известного происхождения и известной величины;
- погрешности известного происхождения, но неизвестной величины;
- погрешности неизвестного происхождения и неизвестной величины.

Самые безобидные – погрешности первой группы. Они легко устраняются путем введения соответствующих поправок в результат измерения.

Ко второй группе относятся, прежде всего, погрешности, связанные с несовершенством метода измерения и измерительной аппаратуры. Например, погрешность измерения физической работоспособности с помощью маски для забора выдыхаемого воздуха: маска затрудняет дыхание, и спортсмен закономерно демонстрирует физическую работоспособность, заниженную по сравнению с истинной, измеряемой без маски. Величину этой погрешности нельзя предсказать заранее: она зависит от индивидуальных особенностей спортсмена и его самочувствия в момент исследования.

Другой пример систематической погрешности этой группы – погрешность, связанная с несовершенством аппаратуры. Измерительный прибор заведомо завышает или занижает истинное значение измеряемой величины.

Погрешности третьей группы наиболее опасны, их появление бывает связано как с несовершенством метода измерения, так и с особенностями объекта измерения – спортсмена.

Устранение систематической погрешности измерения проводится на этапе тарирования, калибровки измерительной аппаратуры, а также на процедуре рандомизации.

**Тарированием** (от нем. *Tarieren*) называется проверка показаний измерительных приборов путем сравнения с показаниями образцовых значений мер (эталонов) во всем диапазоне возможных значений измеряемой величины.

**Калибровкой** называется определение погрешностей или поправка для совокупности мер. И при тарировании, и при калибровке к измерительной системе вместо спортсмена подключается источник эталонного сигнала известной величины. Например, тарируя установку для измерения усилий, на тензометрическую платформу поочередно помещают грузы весом 10, 20, 30 и т.д. килограммов.

**Рандомизацией** (от англ. *Random* – случайный) называется превращение систематической погрешности в случайную. Этот прием направлен на устранение неизвестных систематических погрешностей. С помощью рандомизации измерение изучаемой величины производится несколько раз. При этом измерения организуют так, чтобы постоянный фактор, влияющий на их результат, действовал в каждом случае по-разному. Скажем, при исследовании физической работоспособности можно рекомендовать измерять ее многократно, всякий раз меняя способ задания нагрузки. По окончании всех измерений их результаты усредняются по правилам математической статистики.

**Случайные погрешности** возникают под действием разнообразных факторов, которые ни предсказать заранее, ни точно учесть не удастся. Случайные погрешности принципиально неустранимы. Однако, воспользовавшись методами математической статистики, можно оценить величину случайной погрешности и учесть ее при интерпретации результатов измерения. Без статистической обработки результаты измерений не могут считаться достоверными.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Что такое измерение как понятие?
2. Назовите шкалы измерений.
3. Какие характеристики отличают шкалы измерений?
4. Назовите допустимые математические процедуры, применяемые в шкалах измерений.
5. Приведите примеры шкал измерений.
6. В чем заключается точность измерений?
7. Что такое погрешность?
8. Назовите основные виды погрешностей.
9. Дайте характеристику основным видам погрешностей.
10. Что такое тарирование?
11. Чем отличается процедура калибровки от тарирования?
12. Что такое рандомизация?
13. Можно ли устранить случайную погрешность? Почему?

## УЭ 4

### СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

1. Измерение и его средства.
2. Поверка и калибровка средств измерений.
3. Методы и схемы проверки.

#### 4.1. Измерение и его средства

Для практического измерения величины применяются технические средства, которые имеют нормированные погрешности и называются **средствами измерений**. К средствам измерений относятся: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки и системы, измерительные принадлежности.

**Мерой** называют средство измерения, предназначенное для воспроизведения физических величин заданного размера. К данному виду средств измерений относятся гири, концевые меры длины и т.п. На практике используют однозначные и многозначные меры, а также наборы и магазины мер. **Однозначные меры** воспроизводят величины только одного размера (гиря). **Многозначные меры** воспроизводят несколько размеров физической величины, например, миллиметровая линейка дает возможность выразить длину предмета в сантиметрах и миллиметрах. **Набор мер** представляет собой комплект однородных мер разного размера, что дает возможность применять их в нужных сочетаниях. Например, набор лабораторных гирь. **Магазин мер** – сочетание мер, объединенных конструктивно в одно механическое целое, в котором предусмотрена возможность посредством ручных или автоматизированных переключателей, связанных с отсчетным устройством, соединять составляющие магазин меры в нужном сочетании. По такому принципу устроены магазины электрических сопротивлений.

При пользовании мерами следует учитывать номинальное и действительное значения мер, а также погрешность меры. **Номинальным** называют значение меры, указанное на ней. **Действительное значение** меры должно быть указано в специальном свидетельстве как результат высокоточного измерения с использованием официального эталона. Разность между номинальным и действительным значениями называется **погрешностью меры**. Величина, противоположная по знаку погрешности, представляет собой поправку к указанному на мере номинальному значению.

**Измерительный преобразователь** – это средство измерений, которое служит для преобразования сигнала измерительной информации в форму, удобную для обработки или хранения, а также передачи в показывающее устройство. Измерительные преобразователи либо входят в конструктивную схему измерительного прибора, либо применяются совместно с ним.

Преобразователи подразделяются на первичные (непосредственно воспринимающие измеряемую величину), передающие (на выходе которых величина приобретает форму, удобную для регистрации или передачи на расстояние), промежуточные (работающие в сочетании с первичными и не влияющие на изменение рода физической величины).

**Измерительные приборы** – средства измерений, которые позволяют получать измерительную информацию в форме, удобной для восприятия пользователем. Различаются измерительные приборы прямого действия и приборы сравнения. **Приборы прямого действия** отображают измеряемую величину на показывающем устройстве, имеющем соответствующую градуировку в единицах этой величины. Изменения рода физической величины при этом не происходит. К приборам прямого действия относят, например, секундомеры, амперметры, вольтметры, термометры и т.п. **Приборы сравнения** предназначаются для сравнения измеряемых величин с величинами, значения которых известны. Такие приборы широко используются в научных целях, а также и на практике для измерения таких величин, как яркость источников излучения, давление сжатого воздуха и др.

**Измерительные установки и системы** – это совокупность средств измерений, объединенных по функциональному признаку со вспомогательными устройствами, для измерения одной или нескольких физических величин объекта измерений. Обычно такие системы автоматизированы и обеспечивают ввод информации в систему, автоматизацию самого процесса измерения, обработку и отображение результатов измерений для восприятия их пользователем.

Измерительные принадлежности – это вспомогательные средства измерений величин. Они необходимы для вычисления поправок к результатам измерений, если требуется высокая степень точности. Например, термометр может быть вспомогательным средством, если показания прибора достоверны при строго регламентированной температуре; психрометр – если четко оговаривается влажность окружающей среды.

По метрологическому назначению средства измерений делят на два вида: рабочие средства измерений и эталоны. **Рабочие средства** измерений

применяют для определения параметров (характеристик) технических устройств, технологических процессов, окружающей среды и др. Рабочие средства могут быть **лабораторными** (для научных исследований), **производственными** (для обеспечения и контроля заданных характеристик технологических процессов), **полевыми** (для самолетов, автомобилей, судов и в т.ч. для контроля в спортивной практике).

## 4.2. Поверка и калибровка средств измерений

**Поверка (тарирование) средств измерений** – совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (ГМС) или другими уполномоченными на то органами и организациями с целью определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям. В соответствии с законом Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту и эксплуатации. Допускаются продажа и выдача напрокат только поверенных средств измерений.

Поверка проводится физическим лицом, аттестованным в качестве доверителя по нормативным документам. Результат поверки – подтверждение пригодности средств измерений к применению или нет.

Применяются следующие виды поверок средств измерений: первичная, периодическая, внеочередная, инспекционная и экспертная.

**Первичной поверке** подвергаются средства измерений утвержденных типов, которые произведены или отремонтированы.

**Периодической поверке** подлежат находящиеся в эксплуатации (или хранящиеся) средства измерений. Перечень таких средств с учетом областей действия государственного метрологического надзора составляют владельцы этих средств. Поверочные интервалы устанавливаются на основе действующих законодательных положений.

**Внеочередную поверку** проводят при эксплуатации (хранении) средств измерений в случае:

- повреждения знака доверительного клейма, а также утраты свидетельства о поверке;
- ввода в эксплуатацию средств измерений после длительного хранения;

- проведения повторной настройки, известного или предполагаемого ударного воздействия на средство измерений или неудовлетворительной работы прибора;
- продажи (отправки) потребителю средств измерений, не реализованных по истечении срока, равного половине межповерочных интервалов на них;
- применения средств измерений в качестве комплектующих по истечении срока.

**Инспекционную поверку** проводят для выявления пригодности к применению средств измерений при осуществлении государственного метрологического надзора.

**Экспертную поверку** проводят при возникновении спорных вопросов по метрологическим характеристикам, исправности средств измерений и пригодности их к применению.

**Калибровка средств измерений** – это совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и/или пригодности к применению средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору. Под пригодностью средства измерения подразумевается соответствие его метрологических характеристик ранее установленным техническим требованиям, которые могут содержаться в нормативном документе или определяться заказчиком. Вывод о пригодности делает калибровочная лаборатория. Калибровка – добровольная операция и ее может выполнить также и метрологическая служба самого предприятия. Это еще одно отличие от поверки, которая, как уже сказано выше, обязательна и подвергается контролю со стороны органов Государственной метрологической службы. Функцию калибровки следует рассматривать как составную часть национальной системы обеспечения единства измерений. А если учесть, что принципы национальной системы обеспечения единства измерений гармонизованы с международными правилами и нормами, то калибровка включается в мировую систему обеспечения единства измерений. Выполнение указанного требования (привязки к эталону) важно и с другой точки зрения: измерения – это неотъемлемая часть технологических процессов, т.е. они непосредственно влияют на качество продукции. В этой связи результаты измерений должны быть сравнимы, что достигается только соответствием размером единиц от государственных эталонов и соблюдением норм и правил законодательной метрологии.



### 4.3. Методы и схемы поверки

Допускается применение четырех методов поверки (калибровки) средств измерений:

- непосредственное сличение с эталоном;
- сличение с помощью компаратора;
- метод прямых измерений;
- метод косвенных измерений.

**Метод непосредственного сличения** поверяемого (калибруемого) средства измерения **с эталоном** соответствующего разряда широко применяется для различных средств измерений в таких областях, как электрические и магнитные измерения, для определения напряжения, частоты и силы тока. В основе метода лежит проведение одновременных измерений одной и той же физической величины поверяемым (калибруемым) и эталонным приборами. При этом определяют погрешность как разницу показаний поверяемого и эталонного средств измерений, принимая показания эталона за действительное значение величины. Достоинства этого метода в его простоте, наглядности, возможности применения автоматической поверки (калибровки), отсутствии потребности в сложном оборудовании.

Для второго метода необходим **компаратор** – прибор сравнения, с помощью которого сличаются поверяемое (калибруемое) и эталонное средства измерения. Потребность в компараторе возникает при невозможности сравнения показаний приборов, измеряющих одну и ту же величину. Например, двух вольтметров, один из которых пригоден для постоянного тока, другой – переменного. В подобных ситуациях в схему поверки (калибровки) вводится промежуточное звено – компаратор. На практике компаратором может служить любое средство измерения, если оно одинаково реагирует на сигналы как поверяемого (калибруемого), так и эталонного измерительного прибора.

**Метод прямых измерений** применяется, когда имеется возможность сличить испытуемый прибор с эталонным в определенных пределах измерений. В целом принцип этого метода аналогичен методу непосредственного сличения. Но методом прямых измерений производится сличение на всех числовых отметках каждого диапазона (и поддиапазонов, если они имеются в приборе).

**Метод косвенных измерений** применяется, когда действительные значения измеряемых величин невозможно определить прямыми измерениями либо когда косвенные измерения оказываются более точными, чем прямые.

Для обеспечения правильной передачи размеров единиц измерения от эталона к рабочим средствам измерения составляют поверочные схемы, устанавливающие метрологические соподчинения государственного эталона, разрядных эталонов и рабочих средств измерений.

Поверочные схемы разделяют на государственные и локальные. **Государственные поверочные схемы** распространяются на все средства измерений данного вида, применяемые в стране. **Локальные поверочные схемы** предназначены для метрологических органов министерств, распространяются они также и на средства измерений подчиненных предприятий.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Назовите пять средств измерения.
2. Какие меры называются однозначными, какие многозначными?
3. Что такое набор и магазин мер?
4. Как высчитать погрешность меры?
5. Что такое измерительные приборы, на какие виды они подразделяются?
6. Какие средства относятся к измерительным?
7. Что такое поверка средств измерения?
8. Заполните пробелы.  
В Республике Беларусь применяются следующие виды поверок средств измерения: первичная, ..., ..., инспекционная и ... .
9. Назовите причины внеочередной поверки средств измерения.
10. Что такое калибровка средств измерения?
11. Сколько методов используют для поверки средств измерения?
12. Что такое компаратор?
13. В каких случаях применяется метод прямых измерений, а в каких косвенных?
14. Чем отличается локальная поверочная схема средств измерения от государственной?

## УЭ 5

### ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

1. Общая характеристика теории вероятностей.
2. Элементы комбинаторики.

#### 5.1. Общая характеристика теории вероятностей

Идеи теории вероятностей появились в XVII в. в работах Паскаля, Гюйгенса и Ферма. Первые задачи теории вероятностей были сформулированы на основе карточных игр. В XVIII в. в связи с развитием естествознания появилась необходимость обработки результатов наблюдений. В работах Муавра и Лапласа были представлены аналитические методы обработки результатов. В XIX–XX вв. основные работы по теории вероятностей были проведены русскими и советскими учеными: Чебышевым, Марковым, Ляпуновым, Хинчиным, Колмогоровым и др.

Современная теория вероятностей полностью основана на аксиомах Колмогорова.

Теория вероятностей изучает объективные закономерности массовых случайных событий. Она является теоретической базой для математической статистики, занимающейся разработкой методов сбора, описания и обработки результатов наблюдений.

В своей практической деятельности мы часто встречаемся с явлениями, исход которых невозможно предсказать, результат которых зависит от случая.

**Случайное явление** можно охарактеризовать отношением числа его наступлений к числу испытаний, в каждом из которых при одинаковых условиях всех испытаний оно могло наступить или не наступить.

**Теория вероятности** – раздел математики, в котором изучаются случайные явления (события) и выявляются закономерности при массовом их повторении.

**Математическая статистика** – это раздел математики, который имеет своим предметом изучения методов сбора, систематизации, обработки и использования статистических данных для получения научно обоснованных выводов и принятия решений.

При этом под **статистическими данными** понимается совокупность чисел, которые представляют количественные характеристики интересующих

нас признаков изучаемых объектов. Статистические данные получаются в результате специально поставленных опытов, наблюдений.

Статистические данные по своей сущности зависят от многих случайных факторов, поэтому математическая статистика тесно связана с теорией вероятностей, которая является ее базой.

## 5.2. Элементы комбинаторики

В комбинаторных задачах необходимо подсчитать число подмножеств данного конечного множества, которые удовлетворяют определенным условиям. Для комбинаторных задач справедливы следующие правила:

1. **Правило суммы.** Если некоторый элемент  $A$  можно выбрать из данного множества  $m$  способами, а другой элемент  $B$  –  $n$  способами, то выбор «либо объект  $A$ , либо объект  $B$ » можно осуществить  $m + n$  способами.

2. **Правило произведения.** Если некоторый элемент  $A$  можно выбрать  $m$  способами, и после каждого такого выбора элемент  $B$  можно выбрать  $n$  способами, то пару объектов  $(A, B)$  в указанном порядке можно выбрать  $m \times n$  способами.

Выделяют следующие виды комбинации: перестановка, размещение, сочетание.

**Перестановка**  $P_n$ , где  $n$  – число элементов, входящих в каждую перестановку ( $P$  – первая буква французского слова *permutation* – перестановка), – комбинация из  $n$  элементов, которые отличаются друг от друга только порядком элементов.

Число перестановок из  $n$  элементов равно  $n!$ , где  $!$  – факториал (произведение всех натуральных чисел от 1 до  $n$  включительно). Высчитывается по следующей формуле:

$$P_n = n! \quad (5.3)$$

Действительно, первый элемент можно выбрать  $n$  способами, второй –  $(n - 1)$  способом и т.д. Тогда согласно правилу произведения  $P_n = n!$ .

**Размещением** называют такие соединения, которые отличаются друг от друга либо самими элементами (хотя бы одним), либо порядком из расположения.

Обозначается символом  $A_n^m$ , где  $m$  – число всех имеющихся элементов,  $n$  – число элементов в каждой комбинации. ( $A$  – первая буква французского слова *arrangement*, что означает «размещение, приведение в порядок»).

При этом полагают, что  $n \leq m$ .

Число размещений можно вычислить по формуле

$$A_n^m = n(n-1) \dots (n-m+1), \quad (5.4)$$

т.е. число всех возможных размещений из  $m$  элементов по  $n$  равно произведению  $n$  последовательных целых чисел, из которых большее есть  $m$ .

Эта формула в факториальной форме будет выглядеть следующим образом:

$$A_n^m = \frac{m!}{(m-n)!}. \quad (5.5)$$

**Сочетаниями** называются все возможные комбинации из  $m$  элементов по  $n$ , которые отличаются друг от друга, по крайней мере, хотя бы одним элементом (здесь  $m$  и  $n$  – натуральные числа, причем  $n \leq m$ ).

Число сочетаний из  $m$  элементов по  $n$  обозначаются  $C_n^m$  ( $C$  – первая буква французского слова *combination* – сочетание).

В общем случае число из  $m$  элементов по  $n$  равно числу размещений из  $m$  элементов по  $n$ , деленному на число перестановок из  $n$  элементов:

$$C_n^m = \frac{A_n^m}{P_n}. \quad (5.6)$$

Используя для чисел размещений и перестановок факториальные формулы, получим:

$$C_n^m = \frac{m!}{(m-n)!n!}. \quad (5.7)$$

В самом деле, существует  $A_n^m$  возможностей выбора  $m$  элементов из  $n$ . Порядок расположения выбранных  $m$  элементов в сочетаниях несущественен, поэтому существует  $m!$  перестановок, которые нельзя отличить от первоначально выбранной перестановки. Поэтому  $C_n^m = \frac{A_n^m}{m!}$ . Более общей является

задача подсчета числа способов разбиения множества из  $n$  элементов на фиксированное число  $k$  групп, причем число элементов в каждой группе тоже фиксировано. Пусть в  $i$ -й группе содержится  $n_i$  элементов,

$$i = 1, 2, \dots, k; (n_1 + n_2) + \dots + n_k = n. \quad (5.8)$$

Покажем, что существует

$$N = \frac{n!}{n_1! \cdot n_2! \dots n_k!} = C_n^m \cdot C_{n-m}^{n_2} \dots C_{n-k}^{n_k} \quad (5.9)$$

различных разбиений множества  $E$  на  $k$  подмножеств  $E_1, E_2, \dots, E_k$ , содержащих  $n_1, n_2, \dots, n_k$  элементов соответственно.

Действительно, сначала образуем группу из  $n$  элементов. Это можно сделать  $C_n^{n_1}$  способами. Из оставшихся  $n - n_1$  элементов образуем группу из  $n_2$  элементов. Это можно сделать  $C_{n-n_1}^{n_2}$  способами. Процесс продолжается до тех пор, пока не выбраны все множества.

### Пример

Курс охватывает 10 разделов теории вероятностей и 8 разделов других дисциплин. Экзаменационный билет состоит 5 вопросов: три по теории вероятностей и два по другим дисциплинам. Сколькими способами можно составить экзаменационные билеты?

Три вопроса по теории вероятностей из десяти разделов можно выбрать  $C_{10}^3$  способами, а два вопроса из 8 других разделов –  $C_8^2$  способами. Искомое число возможных экзаменационных билетов  $C_{10}^3 \cdot C_8^2 = 3360$ .

### Вопросы и задания для самопроверки

1. На какой игре строили первые задачи теории вероятностей?
2. Чьи аксиомы легли в основу современной теории вероятностей?
3. Что такое теория вероятностей?
4. Как связаны между собой теория вероятностей и математическая статистика?
5. Что такое статистические данные?
6. Назовите правила, которые справедливы для комбинаторных задач.
7. Назовите виды комбинации. Как они образуются?
8. Сколько существует вариантов распределения трех призовых мест, если в розыгрыше участвуют 7 команд?
9. Сколькими способами можно выбрать двух студентов на конференцию, если в группе 33 человека?
10. Сколькими способами можно выбрать 3 из 6 открыток?

## УЭ 6

### ОДНОМЕРНЫЕ РЯДЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Составление рядов распределения и их графическое представление.
2. Основные статистические характеристики ряда измерений.
3. Кривая нормального распределения.

#### 6.1. Составление рядов распределения и их графическое представление

В процессе наблюдения или измерения какого-либо показателя получают ряд чисел. Численные результаты подразделяют на **дискретные** (от англ. *discrete* – прерывный) и **непрерывные**. К дискретным относят число подтягиваний на перекладине, число попыток и т.д., т.е. результаты, выражаемые целым числом; к непрерывным – время прохождения дистанции, время реакции, скорость движения и т.п., т.е. результаты, которые могут выражаться дробным числом, в частности бесконечной дробью.

Будем считать, что  $x_1$  – результат измерения изучаемого показателя у 1-го спортсмена,  $x_2$  – у 2-го спортсмена и т.д. Всего спортсменов –  $n$ . Такой ряд результатов измерений, представленный случайными числами, называется **выборочной совокупностью**, или **выборкой**. Совокупность всех значений, которые можно было бы получить для изучаемой выборки, называется **генеральной совокупностью**. Например, длина тела студентов одного факультета – выборочная совокупность, а длина тела студентов всех факультетов ПГУ – генеральная; в то же время длина тела студентов ПГУ – выборка по отношению к генеральной совокупности – всем студентам земного шара.

Генеральную совокупность мысленно можно представить так: это все объекты наблюдения (спортсмены, например), которые обладают теми же свойствами, что и объекты выборки. Один из центральных вопросов статистики: как обобщить результаты, полученные на выборке, для всей генеральной совокупности? Предположим, что исследователь проводил эксперимент на группе тяжелоатлетов III разряда и нашел, что один из методов тренировки лучше, чем другие. Можно ли распространить его данные на всех тяжелоатлетов III разряда или же сделанные им выводы справедливы только для той группы спортсменов, на которой проводился эксперимент? Если исследованием охвачена вся генеральная совокупность, оно называется **сплошным**. Такие исследования сравнительно редки. Например, если кому-либо удалось обследовать всех сильнейших спортсменов мира в каком-либо

виде спорта, т.е. провести сплошное обследование (т.к. других сильнейших спортсменов в это время нет), значит, обследована вся генеральная совокупность.

Все остальные исследования будут относиться к **выборочным**. Одной из основных характеристик выборки является ее объем –  $n$ , который определяется числом объектов наблюдения, например, спортсменов, в данном исследовании.

Рассмотрим, как проводится упорядочение и анализ выборки. Например, предположим, что у баскетболистов измерили силу левой кисти. Результат измерений в килограммах ( $n = 100$ ) представлен в таблице 4.

Таблица 4. – Пример выборочных результатов ( $n = 100$ )

№	1	22	3	4	5	6	...	99	100
х, кг	46	550	59	60	55	49	...	58	60
х, кг (ранжиров.)	36	336	338	38	40	40	...	70	74

В этой таблице числа записаны в той последовательности, в какой проходили измерения, т.е. случайным образом. Такие данные представляют неупорядоченную выборку. Третья строка – выборка упорядоченная, точнее ранжированная. Ранжированием называют расстановку результатов измерений в порядке возрастания или убывания.

Выборки большого объема разбивают на интервалы. В простейшем случае их может быть два. Например, когда необходимо отобрать худших или лучших спортсменов. Однако для получения достаточно точных результатов число интервалов ( $k$ ) должно быть больше. В зависимости от объема выборки количество интервалов устанавливают, придерживаясь формулы американского статистика Стерджесса:

$$k \approx 1 + 3,32 \lg(n) = 1 + 1,44 \ln(n). \quad (6.10)$$

На основании формулы Стерджесса требуемое число интервалов для разного объема сведено в таблицу 5.

С помощью формулы Стерджесса можно представить соответствующее число интервалов для разного объема.

Таблица 5. – Рекомендуемое число интервалов для выборки разного объема

Объем выборки ( $n$ )	10–20	30–50	60–90	100–200	300–400
Число интервалов ( $k$ )	4	5–6	7	8	9



Тогда величина, или шаг интервала, определяется как

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}, \quad (6.11)$$

где  $x_{\max}$  – максимальный результат измерений в выборке;

$x_{\min}$  – минимальный результат.

В рассматриваемом примере (см. таблицу 5) для  $n = 100$  принимаем  $k = 8$ . Шаг интервала

$$h = \frac{74 - 36}{8} = 4,75 \approx 5 \text{ (кг)}.$$

На основе значений  $k$  и  $h$  заполняют таблицу 6.

Таблица 6. – Вариационный ряд измерений

№ интервала	Граница интервала	Частота
1	2	3
1	36–41	7
2	41–46	10
3	46–51	19
4	51–56	29
5	56–61	18
6	61–66	11
7	66–71	5
8	71–76	1

В столбец 1 записываем порядковые номера интервалов.

Столбец 2 получают следующим образом: выбирают значение  $x$  (нижнюю границу 1-го интервала), равное  $x_{\min}$  (из табл. 4):  $36 + 5 = 41$ ; получают верхнюю границу 1-го интервала (она же является нижней границей 2-го интервала); далее  $41 + 5 = 46$ , и т.д.

Столбец 3 определяет **частоту**, или встречаемость, значений выборки в каждом интервале. Она определяется числом результатов измерений, попавших в данный интервал. Под частотой понимают отношение частоты к общему числу элементов выборки (к ее объему). Сумма частот всех интервалов всегда равна объему выборок, а сумма частностей всех интервалов равна единице.

По данным таблицы можно определить, как часто каждое значение результатов измерений встречается в каждой выборке. Распределение, представленное в столбцах 2 и 3, в статистике называют **вариационным рядом**.

Анализ вариационных рядов упрощается при графическом представлении. Рассмотрим основные графики вариационного ряда.

1. **Полигон распределения** (рисунок 3). График строится в прямоугольной системе координат. Величины измеряемого показателя откладываются на оси абсцисс, частоты (частности) – на оси ординат.

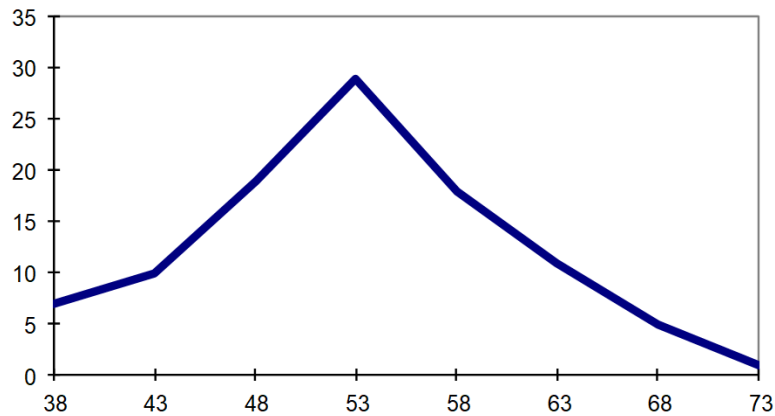


Рисунок 3. – Полигон распределения

2. **Гистограмма распределения** (рисунок 4). График строится аналогично полигону распределения, однако на оси абсцисс откладываются не точки (середины интервалов), а отрезки, отображающие интервал, а на оси ординат – частоты.

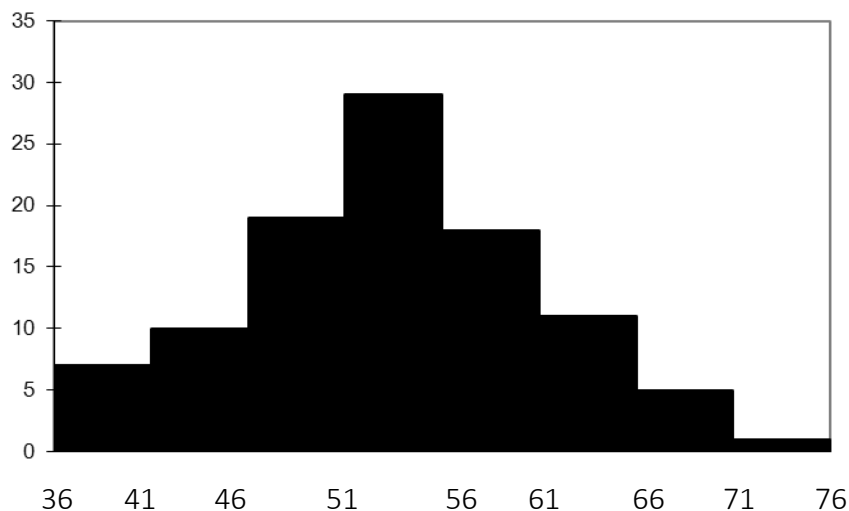


Рисунок 4. – Гистограмма

3. **Кумулята (кривая сумм)** (рисунок 5). График строится в прямоугольной системе координат. На оси ординат откладываются отрезки, длина которых пропорциональна накопленной частоте, или частности, а на абсциссе – значения измеряемого показателя.

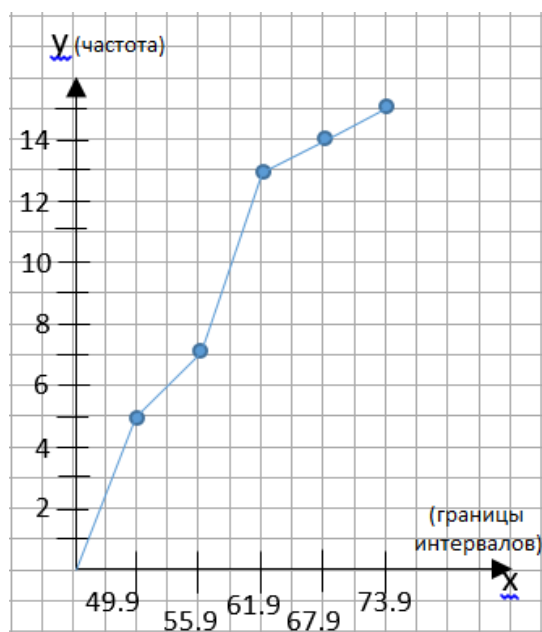


Рисунок 5. – Кумулята

Графическое представление результатов измерений не только существенно облегчает анализ и выявление скрытых закономерностей, но и позволяет правильно выбрать последующие статистические характеристики и методы.

## 6.2. Основные статистические характеристики ряда измерений

Рассматривая основные статистические характеристики ряда измерений (вариационного ряда), оценивают центральную тенденцию выборки и колеблемость, или вариацию. Раскроем содержание этих понятий. **Центральная тенденция выборки** позволяет оценить такие статистические характеристики, как среднее арифметическое значение, мода, медиана.

**Среднее арифметическое значение** ( $\bar{x}$ ) для неупорядоченного ряда измерений вычисляют по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (6.12)$$

где

$$\sum X_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n. \quad (6.13)$$

Символ  $\sum X_i$  обозначает сумму всех значений  $x_i$ , когда  $i$  принимает значения от 1 до  $n$ .  $\sum$  – это знак суммирования, внизу и вверху которого указываются пределы суммирования (от ... до), за знаком  $\sum$  – общий член последовательности, подлежащей суммированию; индекс  $i$  называется индексом суммирования.

**Модой** ( $M_0$ ) называют результат выборки или совокупности, наиболее часто встречающейся в этой выборке. Для интервального вариационного ряда модальный интервал выбирается по наибольшей частоте.

Мода находится по следующим правилам:

1. В том случае, когда все значения выборки встречаются одинаково, часто принято считать, что эта выборка не имеет моды. Например:

3, 3, 4, 4, 5, 5 – моды нет;

3, 4, 4, 5 – мода есть,  $M_0 = 4$ .

2. Когда два соседних смежных значений имеют одинаковую частоту и их частота больше частот любых других значений. Мода вычисляется как среднее арифметическое этих значений. Например:

$$1, 3, 3, 4, 4, 5; M_0 = \frac{3+4}{2} = 3,5.$$

4. Если два несмежных, несоседних значений выборки имеют разные частоты, то выделяют две моды. Например:

$$1, 3, 3, 4, 5, 5, 6; M_0 = 3, M_0 = 5.$$

**Медиана** ( $M_e$ ) – результат измерения, который находится в середине ранжированного ряда. Например, в некоторых видах спорта, где оценка спортсмену выставляется несколькими судьями (как в гимнастике), самые высокие и самые низкие оценки отбрасываются, и в зачет идет медиана. Например, пять судей поставили 9,1 – 9,1 – 9,2 – 9,3 – 9,4 балла. Отбрасывая высшие и низшие оценки, получаем медиану, равную 9,2 балла. Эта оценка идет в зачет спортсмену.

Медиана находится по следующим правилам:

1. Если объем выборки нечетное число значений, то медиана – центральное значение. Например:

$$3, 3, 4, 8, 9; M_e = 4.$$

2. Если объем выборки четное число значений, то медиана – точка, лежащая по середине между центральными двумя значениями. Например:

$$3, 3, 4, 8, 9, 10; M_e = \frac{4+8}{2} = 6.$$

Моду и медиану используют для оценки среднего значения при измерении в шкалах порядка (а моду также и в номинальных шкалах).

К характеристикам **вариации**, или **колеблемости**, результатов измерений относят размах, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации и др.

Поэтому средние характеристики всегда необходимо дополнять показателями вариации, или колеблемости. Самой простой характеристикой вариации является **размах варьирования**. Его определяют как разность между наибольшим и наименьшим результатами измерений. Однако он улавливает только крайние отклонения, но не отражает отклонений всех результатов.

Чтобы дать обобщающую характеристику, можно вычислить отклонения от среднего результата. Например, для ряда 3, 6, 3 значения  $(x_i - \bar{X})$  будут следующими:  $3 - 4 = -1$ ;  $6 - 4 = 2$ ;  $3 - 4 = -1$ . Сумма этих отклонений  $(-1) + 2 + (-1)$  всегда равна 0. Чтобы избежать этого, значения каждого отклонения возводят в квадрат:

$$(-1)^2 + 2^2 + (-1)^2 = 6.$$

Значение  $(x_i - \bar{X})^2$  делает отклонения от средней более явственными: малые отклонения становятся еще меньше ( $0,5^2 = 0,25$ ), а большие – еще больше  $5^2 = 25$ . Получившуюся сумму  $\sum (x_i - \bar{X})^2$  называют **суммой квадратов отклонений**. Разделив эту сумму на число измерений, получают **средний квадрат отклонений**, или **дисперсию** ( $\sigma^2$ ).

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

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}. \quad (6.14)$$

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

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}. \quad (6.15)$$

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

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} 100\%. \quad (6.16)$$

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

Коэффициент вариации имеет важное значение в спортивной метрологии, т.к. будучи величиной относительной (измеряется в процентах), позволяет сравнивать между собой колеблемость результатов измерений, имеющих различные единицы измерения. Коэффициент вариации можно использовать лишь в том случае, если измерения выполнены в шкале отношений.

Определенное место среди статистических характеристик, которые имеют важное значение при построении различных шкал, занимают **квартили, децили и проценти́ли** (или перцентили).

Квартили делят совокупность результатов измерений на четыре части (в отличие от медианы, которая делит ее пополам). Различают верхний и нижний квартили. Средний квартиль совпадает с медианой. Децили делят всю совокупность на десять, а проценти́ли на сто частей.

Упомянем еще об одном показателе рассеивания – стандартной (средней квадратической) **ошибке средней арифметической**. Этот показатель (обычно он обозначается символами  $m$  или  $S$ ) характеризует колеблемость средней.

Стандартная ошибка средней арифметической вычисляется по следующей формуле:

$$m_{\bar{x}} = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (6.17)$$

где  $m_{\bar{x}}$  – стандартное отклонение результатов измерения;  
 $n$  – объем выборки.

### 6.3. Кривая нормального распределения

При анализе распределения результатов измерений (см. таблицу 6 УЭ 6.1) всегда делают предположение о том распределении, которое имела бы выборка, если бы число измерений было очень большим. Такое распределение (очень большой выборки) называют **распределением генеральной совокупности**, или **теоретическим**, а распределение экспериментального ряда измерений – **эмпирическим**.

Теоретическое распределение большинства результатов измерений описывается формулой нормального распределения, которая впервые была найдена английским математиком Муавром в 1733 г.:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{(x - \bar{X})^2}{2\sigma^2}, \quad (6.18)$$

где  $\pi$  и  $e$  – математические постоянные ( $\pi = 3,141$ ;  $e = 2,718$ );

$\bar{X}$  – соответственно среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонение;

$x$  – результаты измерений;

$f(x)$  – так называемая функция плотности распределения.

Идея нормального распределения состоит в том, что множество единиц совокупности распределяются таким образом, чтобы около среднего арифметического значения было сконцентрировано наибольшее количество единиц, около больших и малых значений минимальное количество единиц, а все прочие единицы должны соответствовать кривой Гаусса.

Это математическое выражение распределения позволяет получить в виде графика кривую нормального распределения (рисунок 6), которая симметрична относительно центра группирования (обычно это значение  $\bar{X}$ , моды или медианы).

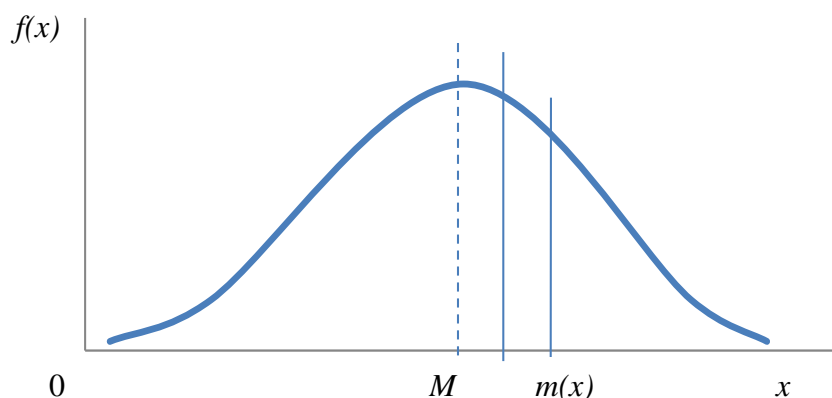


Рисунок 6. – Кривая нормального распределения

Эта кривая может быть получена из полигона распределения при бесконечно большом числе наблюдений и интервалов. Заштрихованная область графика на рис. 6 отражает процент результатов измерений, между значениями  $x_1$  и  $x_2$ .

График нормального распределения имеет вид колокольчатообразной формы.

Кривая будет изображена вдоль всей оси  $Ox$  и принимать только положительные значения.

Форма положения графика нормального распределения определяется только **двумя параметрами**: средней арифметической и средним квадратическим отклонением.

От величины **среднего арифметического** зависит положение кривой. С увеличением или уменьшением этого значения кривая будет сдвигаться вправо или влево вдоль оси  $Ox$ . От величины **среднего квадратического отклонения** зависит форма кривой. При уменьшении этого значения кривая делается более узкой и поднимается вверх. При увеличении кривая расширяется и опускается вниз. В связи с этим кривая имеет характеристику **плоской вершинности, острой вершинности**.

Высоту кривой характеризует величина **эксцессы**, которую рассчитывают по формуле

$$E_x = \sum \frac{(x_i - \bar{X})^3}{\sigma^4}. \quad (6.19)$$

Если знак эксцессы «-», то имеется тенденция плоской вершинности, если «+» – острой.

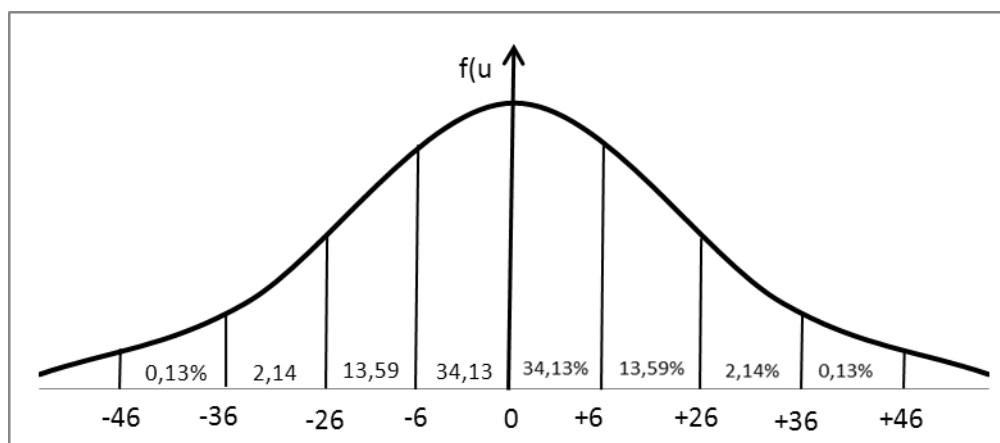


Введя обозначение  $u = \frac{x - \bar{X}}{\sigma}$ , которое называют **нормированным**, или **стандартизованным**, отклонением, получают выражение для нормированного распределения:

$$f(u) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}, \quad (6.20)$$

На рисунке 7 представлен график этого выражения. Он примечателен тем, что для него  $\bar{X} = 0$  и  $\sigma = 1$  (результат нормировки). Вся площадь под кривой равна 1, т.е. она отражает все 100% результатов измерений.

Для теории педагогических оценок и особенно для построения шкал оценок представляет интерес процент результатов, лежащих в различном диапазоне варьирования, или колеблемости.



Под первой осью абсцисс – среднее квадратическое отклонение;  
под второй (нижней) – накопленный процент результатов

Рисунок 7. – Кривая нормального распределения с процентным выражением распределений относительных и накопленных частностей

Для оценки варьирования результатов измерений используют следующие соотношения:

$\bar{X} \pm 1,96\sigma$  ( $u = \pm 1,96$ ) – интервал включает 95% всех результатов;

$\bar{X} \pm 2,58\sigma$  ( $u = \pm 2,58$ ) – интервал включает 99% всех результатов;

$\bar{X} \pm 3,29\sigma$  ( $u = \pm 3,29$ ) – интервал включает 99,9% всех результатов;

$\bar{X} \pm 1\sigma$  ( $u = \pm 1$ ) – интервал включает 68,27% всех результатов;

$\bar{X} \pm 2\sigma$  ( $u = \pm 2$ ) – интервал включает 95,45% всех результатов;

$\bar{X} \pm 3\sigma$  ( $u = \pm 3$ ) – интервал включает 99,73% всех результатов.

Другими словами, отклонения, большего чем  $\sigma$ , от  $\bar{X}$  следует ожидать примерно в одном случае из трех; большего, чем  $2\sigma$ , – в четырех – пяти случаях из 100; большего, чем  $3\sigma$ , – в трех из 100. Последнее соотношение для нормального распределения называют «**правилом трех сигм**» и используют при исключении сильно отклоняющихся «ошибочных» результатов измерений.

В соответствии ряда закону нормального распределения на практике решается двумя путями:

1. **Критерий согласия Пирсона** ( $\chi^2$ ) применяют для проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения предполагаемому теоретическому распределению  $F(x)$  при большом объеме выборки ( $n \geq 100$ ). Критерий применим для любых видов функции  $F(x)$  даже при неизвестных значениях их параметров, что обычно имеет место при анализе результатов механических испытаний. В этом заключается его универсальность.

Использование критерия  $\chi^2$  предусматривает разбиение размаха варьирования выборки на интервалы и определения числа наблюдений (частоты)  $n_j$  для каждого из  $e$  интервалов. Для удобства оценок параметров распределения интервалы выбирают одинаковой длины.

Число интервалов зависит от объема выборки. Обычно принимают: при  $n = 100$   $e = 10-15$ ;  $n = 200$   $e = 15-20$ ;  $n = 400$   $e = 2-30$ ;  $n = 1000$   $e = 35-40$ .

Интервалы, содержащие менее пяти наблюдений, объединяют с соседними. Однако если число таких интервалов составляет менее 20% от их общего количества, допускаются интервалы с частотой  $n_j \geq 2$ .

Статистикой критерия Пирсона служит величина

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^e \frac{(n_j - np_j)^2}{np_j}, \quad (6.21)$$

где  $p_j$  – вероятность попадания изучаемой случайной величины в  $j$ -й интервал, вычисляемая в соответствии с гипотетическим законом распределением  $F(x)$ . При ее вычислении нужно иметь в виду, что левая граница первого интервала и правая последнего должны совпадать с границами

области возможных значений случайной величины. Например, при нормальном распределении первый интервал простирается до  $-\infty$ , а последний – до  $+\infty$ .

Нулевую гипотезу о соответствии выборочного распределения теоретическому закону  $F(x)$  проверяют путем сравнения вычисленной по формуле (6.21) величины с критическим значением  $\chi^2_\alpha$ , найденным по таблице (приложение 1) для уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $k = e_1 - m - 1$ . Здесь  $e_1$  – число интервалов после объединения;  $m$  – число параметров, оцениваемых по рассматриваемой выборке. Если выполняется неравенство  $\chi^2 \leq \chi^2_\alpha$ , то нулевую гипотезу не отвергают. При несоблюдении указанного неравенства принимают альтернативную гипотезу о принадлежности выборки неизвестному распределению.

Недостатком критерия согласия Пирсона является потеря части первоначальной информации, связанная с необходимостью группировки результатов наблюдений в интервалы и объединения отдельных интервалов с малым числом наблюдений. В связи с этим рекомендуется дополнять проверку соответствия распределений по критерию  $\chi^2$  другими критериями. Особенно это необходимо при сравнительно малом объеме выборки ( $n \approx 100$ ).

2. **Правила трех сигм ( $3\sigma$ )**. Вероятность того, что случайная величина отклонится от своего математического ожидания на большую величину, чем утроенное среднее квадратичное отклонение, практически равна нулю. Правило справедливо только для случайных величин, распределенных по нормальному закону (рисунок 8).

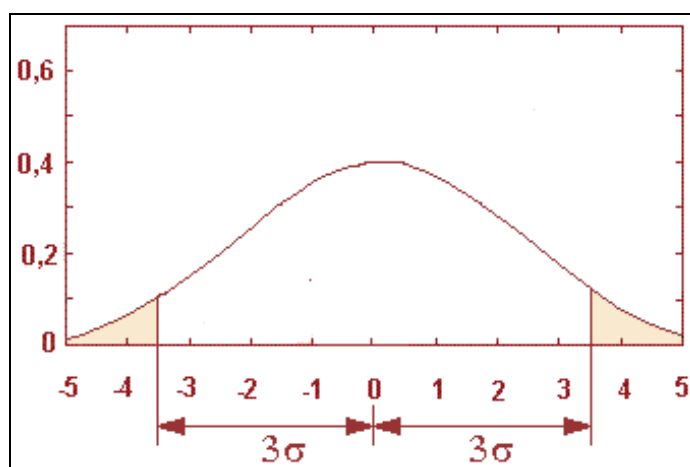


Рисунок 8. – Правила трех сигм ( $3\sigma$ )

Например, пусть имеется выборка наблюдений за результатами в беге на 100 м. Значения их распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 13,0 с и среднеквадратическим отклонением 15,0 с. Тогда в соответствии с правилом 3-х сигм результаты ниже, чем

$$13,0 - 15,0 \times 3 = -6,$$

и выше, чем

$$13,0 + 15,0 \times 3 = 84,$$

являются практически невозможными событиями. Фактически это означает, что рассматривать данные результата в беге на 100 м как потенциально возможные не имеет смысла.

Согласно правилу трех сигм ( $3\sigma$ ):

$\bar{X} \pm \sigma$  занимает 68,26% всей площади этой кривой;

$\bar{X} \pm 2\sigma$  занимает 95,44% всей площади этой кривой;

$\bar{X} \pm 3\sigma$  занимает 99,72% всей площади этой кривой.

Если распределение нормальное, то

95% занимает  $\bar{X} \pm 1,96\sigma$ ;

95% занимает  $\bar{X} \pm 2,58\sigma$ ;

95% занимает  $\bar{X} \pm 3,29\sigma$ .

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Приведите примеры дискретных и непрерывных численных показателей результатов спортивных действий.
2. Что такое выборочная совокупность (выборка)?
3. Чем генеральная совокупность отличается от выборочной?
4. Что такое вариационный ряд?
5. Как строится полигон распределения?
6. Чем отличается гистограмма распределения от полигона распределения?
7. Что такое среднее арифметическое значение? Как оно обозначается?
8. Что такое мода? Как она обозначается?
9. Что такое медиана? Как она обозначается?

10. Что относят к вариации результатов измерения?
11. Перечислите статистические характеристики, имеющие важные значения при построении шкал.
12. Кем и когда впервые была описана формула нормального распределения?

## УЭ 7

### ВЗАИМОСВЯЗЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Функциональная и статистическая взаимосвязи.
2. Корреляционное поле.
3. Коэффициент корреляции.
4. Регрессия.

#### 7.1. Функциональная и статистическая взаимосвязи

В спортивных исследованиях между изучаемыми показателями часто обнаруживается взаимосвязь. Вид ее бывает различным. **Функциональной** называют такую 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 наиболее важными являются **корреляционные взаимосвязи** (от лат. *correlatio* – соотношение, соответствие). Корреляция заключается в том, что средняя величина одного показателя изменяется в зависимости от значения другого.

Статистический метод, который используется для исследования взаимосвязей, называется **корреляционным анализом**. Его основная задача –

определение форм тесноты и направленности изучаемых показателей. Корреляционный анализ позволяет исследовать не только статистическую взаимосвязь. Он широко используется в теории тестов для оценки надежности и информативности.

## 7.2. 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 подготовительного периода тренировки ( $X$ ) и после его окончания ( $Y$ ). Запишем результат измерений (таблица 7).

Таблица 7. – Показатели числа подтягиваний на перекладине

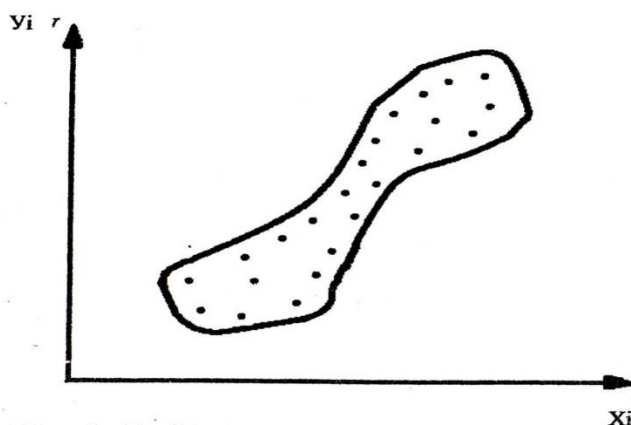
№ испытуемого	$X$	$Y$
1	10	12
2	9	10
3	12	12
4	10	10
5	9	13
6	11	12

Для этих результатов построим 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.

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

Однако на практике можно встретить и иную форму взаимосвязи (рисунок 9). Эта зависимость, экспериментально полученная при подачах в теннисе, является характерной для **нелинейной формы взаимосвязи**, или **нелинейной 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.



по абсциссе – скорость ракетки; по ординате – скорость вылета мяча

Рисунок 9. – Корреляционное поле (нелинейная зависимость)

### 7.3. Коэффициент корреляции

При изучении **корреляций** необходимо установить, существует ли какая-то связь между двумя показателями в одной выборке (например, между ростом и весом детей и т.д.) либо между двумя различными выборками (например, при сравнении пар близнецов), и если эта связь существует, то сопровождается ли увеличение одного показателя возрастанием (положительная корреляция) или уменьшением (отрицательная корреляция) другого.

Иными словами, корреляционный анализ помогает установить, можно ли предсказывать возможные значения одного показателя, зная величину другого.

**Коэффициент корреляции** – это величина, которая может варьировать в пределах от +1 до –1. В случае полной положительной корреляции этот коэффициент равен плюс 1 (рисунок 10), при полной отрицательной – минус 1 (рисунок 11). На графике этому соответствует прямая линия, проходящая через точки пересечения значений каждой пары данных.

Если эти точки не выстраиваются по прямой линии, а образуют «облако», коэффициент корреляции по абсолютной величине становится меньше единицы и по мере округления этого облака приближается к нулю (рисунок 12).

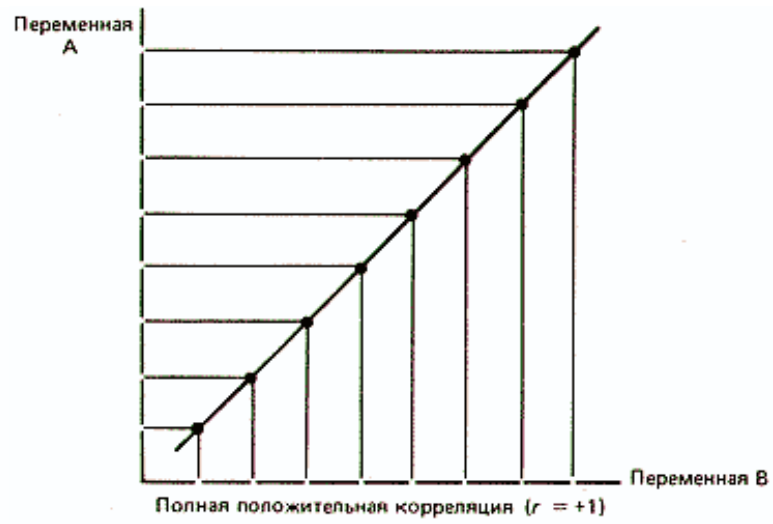


Рисунок 10. – Полная положительная корреляция ( $r = +1$ )

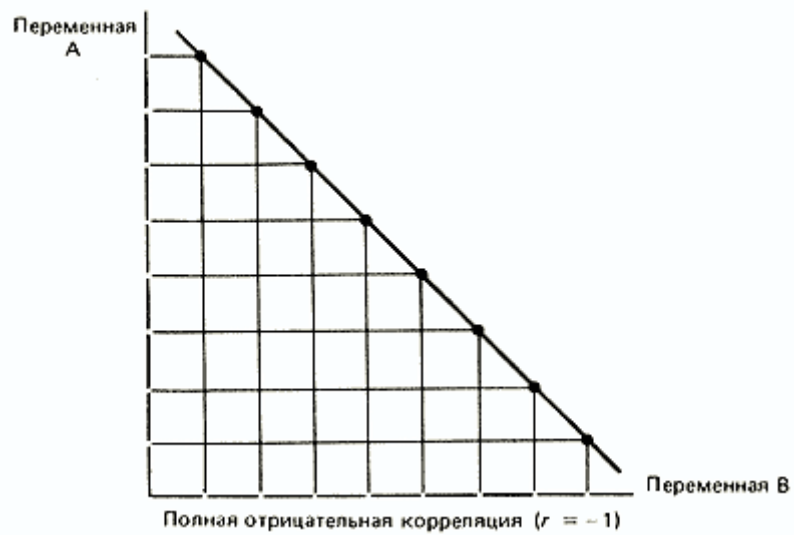


Рисунок 11. – Полная отрицательная корреляция ( $r = -1$ )

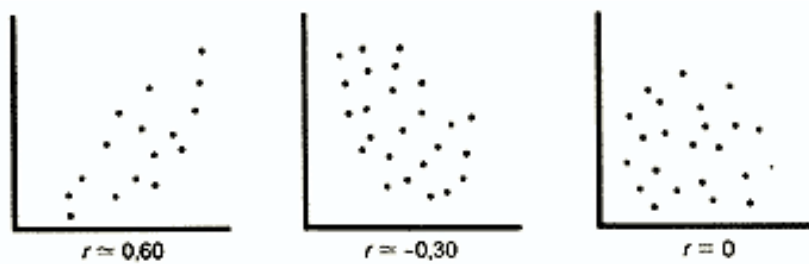


Рисунок 12. – Примеры коэффициента корреляции (приближение к 0)



Коэффициент корреляции, изменяясь в пределах от 0 до 1, позволяет оценить **тесноту** взаимосвязи. Интерпретируется значение такого положения коэффициента следующим образом:

– коэффициент корреляции = 1,00 (функциональная взаимосвязь, т.к. 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);

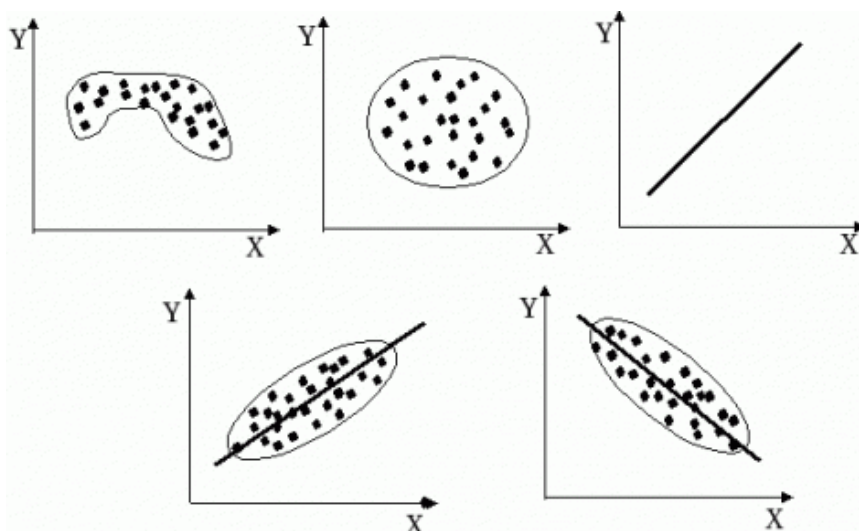
– коэффициент корреляции = 0,69–0,5 (средняя статистическая взаимосвязь);

– 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) (приложение 4).

Направленность зависимости отражается в знаке коэффициента корреляции. Знак «+» указывает на прямую пропорциональную, или положительную, взаимосвязь; знак «–» говорит об обратной, или отрицательной, взаимосвязи (рисунок 13).



*а* – нелинейная форма зависимости; *б* – отсутствие статистической зависимости (коэффициент корреляции = 0); *в* – функциональная зависимость (коэффициент корреляции = +1); *г* – положительная зависимость (коэффициент корреляции > 0); *д* – отрицательная зависимость (коэффициент корреляции < 0)

Рисунок 13. – Примеры статистических взаимосвязей

Корреляция считается сильной, если ее коэффициент выше 0,60; если же он превышает 0,90, то корреляция считается очень сильной. Однако для того, чтобы можно было делать выводы о связях между переменными, необходимо оценить объем выборки: чем выборка больше, тем достовернее величина полученного коэффициента корреляции. Существуют таблицы с критическими значениями коэффициентов корреляции Браве – Пирсона и Спирмена для разного числа степеней свободы (оно равно числу пар за вычетом 2, т.е.  $n - 2$ ). Лишь в том случае, если коэффициенты корреляции больше этих критических значений, они могут считаться достоверными. Так, чтобы коэффициент корреляции 0,70 был достоверным, в анализ должно быть взято не меньше 8 пар данных ( $h = n - 2 = 6$ ) при вычислении  $r$  (приложение 2) и 7 пар данных ( $h = n - 2 = 5$ ) при вычислении  $\rho$ .

**Коэффициент корреляции Браве – Пирсона ( $r_{xy}$ )** – это параметрический показатель, для вычисления которого сравнивают средние и стандартные отклонения результатов двух измерений. При этом используют формулу

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{X})^2 \sum (y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (7.21)$$

где  $\bar{X}$  и  $\bar{Y}$  – средние арифметические значения ряда вариантов  $x$  и  $y$ .

**Коэффициент корреляции рангов Спирмена ( $\rho$ )** – это непараметрический показатель, с помощью которого пытаются выявить связь между рангами соответствующих величин в двух рядах измерений.

Этот коэффициент рассчитывать проще, однако результаты получаются менее точными, чем при использовании  $r$ .

Коэффициент  $\rho$  вычисляют по формуле

$$\rho = 1 - \frac{\sigma \sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (7.22)$$

где  $d = d_x - d_y$  – разность рангов данной пары показателей  $X$  и  $Y$ ;  
 $n$  – объем выборки (число испытуемых).

Обычно этот непараметрический тест используется в тех случаях, когда нужно сделать какие-то выводы не столько об **интервалах** между данными, сколько об их **рангах**, а также когда кривые распределения слишком асимметричны и не позволяют использовать такие параметрические крите-

рии, как  $r_{xy}$  (в этих случаях бывает необходимо превратить количественные данные в порядковые).

**Коэффициент ранговой корреляции Кендалла ( $\tau$ )** является альтернативой методу определения корреляции Спирмана ( $\rho$ ). Он предназначен для определения взаимосвязи между двумя ранговыми переменными.

Интерпретация результатов вычисления коэффициента ранговой корреляции Кендалла ( $\tau$ ) определяется как разность вероятностей совпадения и инверсии в рангах.

Для одних и тех же значений переменных значения коэффициента корреляции Спирмена ( $\rho$ ) будет всегда немного больше, чем значения коэффициента ранговой корреляции Кендалла ( $\tau$ ), тогда как уровень значимости будет одинаков или же у коэффициента корреляции Кендалла ( $\tau$ ) будет немного больше.

Формула вычисления коэффициента ранговой корреляции Кендалла ( $\tau$ ) отличается от формулы коэффициента корреляции Браве – Пирсона ( $r_{xy}$ ) и может быть выражена как

$$\tau = \frac{P(p) - P(q)}{N \frac{(N-1)}{2}}, \quad (7.23)$$

где  $P(p)$  – число совпадений;

$P(q)$  – число инверсий;

$N$  – объем выборки.

В **упрощенном виде** формулу коэффициента корреляции Кендалла можно записать как

$$\tau = \frac{4P}{N(N-1)} - 1. \quad (7.24)$$

При наличии связанных рангов формула изменяется с учетом поправки на связанные ранги:

$$\tau = \frac{P(p) - P(q)}{\sqrt{\left[ N \frac{(N-1)}{2} \right] - K_x} \sqrt{\left[ N \frac{(N-1)}{2} \right] - K_y}}, \quad (7.25)$$

где  $P(p)$  – число совпадений;  
 $P(q)$  – число инверсий;  
 $N$  – объем выборки;  
 $K_x$  – поправка на связи рангов переменной  $X$ ;  
 $K_y$  – поправка на связи рангов переменной  $Y$ .

$$K_x = 0,5 \sum_i \int_i \left( \int_i - 1 \right), \quad (7.26)$$

где  $i$  – количество групп связей по  $X$ ;  
 $\int_i$  – численность группы  $X$ ;

$$K_y = 0,5 \sum_i \int_i \left( \int_i - 1 \right), \quad (7.27)$$

где  $i$  – количество групп связей по  $Y$ ;  
 $\int_i$  – численность группы  $Y$ .

В некоторых случаях тесноту взаимосвязи определяют на основании **коэффициента детерминации  $D$** , который вычисляют по формуле

$$D = r^2 \cdot 100\%. \quad (7.28)$$

Этот коэффициент определяет часть общей вариации одного показателя, которая объясняется вариацией другого показателя.

#### 7.4. 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 (рисунок 14).

В прямоугольной системе координат уравнение прямой линии записывается в следующем виде:

$$Y = a + b \cdot x. \quad (7.29)$$

Это математическое выражение корреляционной зависимости называется **уравнением регрессии**. Коэффициенты  $a$  и  $b$  – **параметры уравнения**

регрессии:  $a$  определяет отрезок, отсекаемый прямой линией на оси  $Y$ ;  $b$  – изменение при изменении  $X$  на единицу и называется также **коэффициентом регрессии**.

$$a = \frac{\sum X^2 \sum Y - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}, \quad (7.30)$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}. \quad (7.31)$$

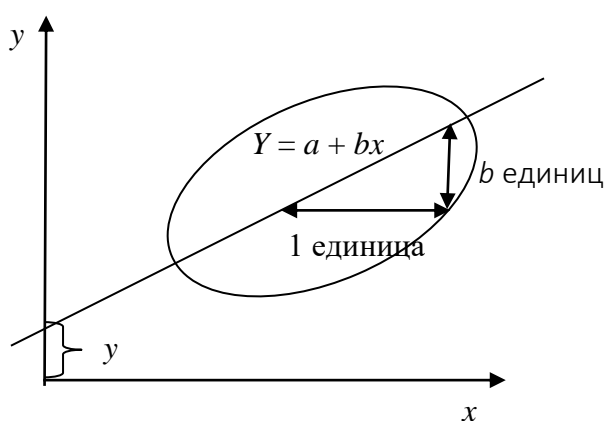


Рисунок 14. – Линия регрессии

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.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Какую зависимость называют функциональной?
2. Как определяется статистическая взаимосвязь?
3. Что такое корреляционный анализ?
4. Какова основная задача корреляционного анализа?
5. Что называется корреляционным полем?
6. Приведите примеры графического изображения линейной и нелинейной зависимостей.
7. Что позволяет установить корреляционный анализ?

8. Что такое коэффициент корреляции?
9. Как вычисляется коэффициент корреляции Спирмена?
10. Как вычисляется коэффициент корреляции Браве – Пирсона?
11. Для чего существуют коэффициенты Спирмена, Браве – Пирсона?
12. Как математически выражается линейная зависимость?
13. Как называется выражение  $Y = a + b \cdot x$ ?

## УЭ 8

### СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЗЛИЧИЙ

1. Понятие «критерий различий».
2. Параметрические критерии различий.
3. Непараметрические критерии различий.

#### 8.1. Понятие «критерий различий»

Одной из наиболее встречающихся **статистических задач**, с которыми сталкивается исследователь, является задача сравнения результатов обследования какого-либо статистического признака в разных условиях измерения (например, до и после определенного воздействия) или обследования контрольной и экспериментальной групп. Также нередко возникает необходимость оценить характер изменения того или иного показателя в одной или нескольких группах в разные периоды времени или выявить динамику изменения этого показателя под влиянием экспериментальных воздействий. Для решения подобных задач используется большой выбор статистических способов, называемых в наиболее общем виде **критериями различий**. Эти критерии позволяют оценить степень статистической достоверности различий между разнообразными показателями. Важно учитывать, что уровень достоверности различий включается в план проведения эксперимента.

Разнообразие критериев различий позволяет:

- выбирать критерий, адекватный типу шкалы, в которой получены экспериментальные данные;
- работать со связными (зависимыми) и несвязными (независимыми) выборками;
- работать с неравными по объему выборками;
- выбирать из критериев разные по мощности (в зависимости от целей исследования).

Критерии различия условно подразделены на **две группы**: параметрические и непараметрические.

Критерий различия называют **параметрическим**, если он основан на конкретном типе распределения генеральной совокупности (как правило, нормальном) или использует параметры этой совокупности (среднее арифметическое, дисперсия и т.д.).

Критерий различия называют **непараметрическим**, если он не базируется на предположении о типе распределения генеральной совокупности и не использует параметры этой совокупности. Поэтому для непараметрических критериев предлагается также использовать такой термин как **критерий, свободный от распределения**.

При нормальном распределении генеральной совокупности параметрические критерии обладают большей мощностью по сравнению с непараметрическими (способны с большей достоверностью отвергать нулевую гипотезу, если последняя неверна).

Однако, как показывает практика, подавляющее большинство данных, получаемых в экспериментах, **не распределены нормально**, поэтому применение параметрических критериев при анализе результатов исследований может привести к ошибкам в статистических выводах. В таком случае непараметрические критерии становятся более мощными, т.е. способными с большей достоверностью отвергать нулевую гипотезу.

При проверке статистических гипотез используются два понятия: нулевая гипотеза ( $H_0$ ) и альтернативная гипотеза ( $H_1$ ). Принято считать, что  $H_0$  – это гипотеза о сходстве, а альтернативная  $H_1$  – гипотеза о различии. Таким образом, принятие нулевой гипотезы  $H_0$  свидетельствует об отсутствии различий, а гипотезы  $H_1$  – о наличии различий.

## 8.2. Параметрические критерии различий

В группу **параметрических критериев** методов математической статистики входят методы для вычисления описательных статистик, построения графиков на нормальность распределения, проверка гипотезы о принадлежности двух выборок одной совокупности. Эти методы основываются на предположении о том, что распределение выборок подчиняется нормальному (Гаусса) закону распределения.

Чтобы определить, имеем ли мы дело с нормальным распределением, можно применить следующие **методы**:

1) в пределах осей можно нарисовать полигон частоты (эмпирическую функцию распределения) и кривую нормального распределения на основе данных исследования. Исследуя формы кривой нормального распределения и графика эмпирической функции распределения, можно выяснить те параметры, которыми последняя кривая отличается от первой;

2) вычисляется среднее, медиана и мода и на основе этого определяется отклонение от нормального распределения. Если мода, медиана и среднее арифметическое друг от друга значительно не отличаются, мы имеем дело с нормальным распределением. Если медиана значительно отличается от среднего, то мы имеем дело с асимметричной выборкой;

3) эксцесс кривой распределения должен быть равен 0. Кривые с положительным эксцессом значительно вертикальнее кривой нормального распределения. Кривые с отрицательным эксцессом более покатые по сравнению с кривой нормального распределения;

4) после определения среднего значения распределения частоты и стандартного отклонения находят следующие четыре интервала распределения сравнивают их с действительными данными ряда:

а)  $\bar{x} \pm 0,3\sigma$  – к интервалу должно относиться около 25% частоты совокупности;

б)  $\bar{x} \pm 0,7\sigma$  – к интервалу должно относиться около 50% частоты совокупности;

в)  $\bar{x} \pm 1,1\sigma$  – к интервалу должно относиться около 75% частоты совокупности;

г)  $\bar{x} \pm 3\sigma$  – к интервалу должно относиться около 100% частоты совокупности.

**Критерий Стьюдента (t-критерий)** позволяет найти вероятность того, что оба средних значения в выборке относятся к одной и той же совокупности. Данный критерий наиболее часто используется для проверки гипотезы: «Среднее значение двух выборок относятся к одной и той же совокупности».

Критерий можно использовать в двух случаях. Во-первых, его применяют для проверки гипотезы о равенстве генеральных средних двух **независимых, несвязанных выборок** (так называемый **двух выборочный t-критерий**). В этом случае есть контрольная группа и экспериментальная (опытная) группа, количество испытуемых в группах может быть различно.



Во-вторых, когда одна и та же группа объектов порождает числовой материал для проверки гипотезы о средних значениях, используется так называемый **парный t-критерий**. Выборки при этом называют **зависимыми, связанными**. Одним из главных достоинств это критерия является широта его применения. При этом выборки могут быть различными по объему. Данный критерий высчитывается по следующей формуле

$$t = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sqrt{(m_{\bar{X}})^2 + (m_{\bar{Y}})^2}}, \quad (8.32)$$

где  $\bar{X}$  – средняя арифметическая первой выборки;

$\bar{Y}$  – средняя арифметическая второй выборки;

$m_{\bar{X}}$  – средняя ошибка среднего арифметического первой выборки;

$m_{\bar{Y}}$  – средняя ошибка среднего арифметического второй выборки.

**Число степеней свободы** – это количество независимых перемещений, при котором состояние системы меняется. Подсчет осуществляется как

$$k = n_1 + n_2 - 2, \quad (8.33)$$

где  $n$  – общее количество испытуемых в обеих выборках.

При численном равенстве выборок  $k = 2n - 2$ .

Далее необходимо сравнить полученное значение  $t_{эмп}$  с теоретическим значением  $t$ -распределения Стьюдента (приложение 3). Если  $t_{эмп} < t_{крит}$ , то гипотеза  $H_0$  принимается, в противном случае нулевая гипотеза отвергается и принимается альтернативная гипотеза.

**Критерий Фишера** позволяет сравнивать величины выборочных дисперсий двух независимых выборок. Для вычисления  $F_{эмп}$  нужно найти отношение дисперсий двух выборок, причем так, чтобы большая по величине дисперсия находилась бы в числителе, а меньшая – в знаменателе. Критерий Фишера высчитывается по формуле

$$F_{эмп} = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (8.34)$$

где  $\sigma_x^2, \sigma_y^2$  – дисперсии первой и второй выборки соответственно.

Согласно условию критерия величина числителя должна быть больше или равна величине знаменателя, поэтому значение  $F_{эмп}$  всегда будет больше или равно единице.

Число степеней свободы определяется также просто:

- $k_1 = n_1 - 1$  – для первой выборки (т.е. для той выборки, величина дисперсии которой больше);
- $k_2 = n_2 - 1$  – для второй.

В приложении 5 критические значения критерия Фишера находятся по величинам  $k_1$  (верхняя строчка таблицы) и  $k_2$  (левый столбец таблицы).

Если  $t_{эмп} > t_{крит}$ , то нулевая гипотеза принимается, в противном случае принимается альтернативная.

### 8.3. Непараметрические критерии различий

Приблизительно сравнивая (по процентным соотношениям) результаты до и после какого-либо воздействия, исследователь приходит к заключению, что если наблюдаются различия, то имеет место различие в сравниваемых выборках. Подобный подход категорически неприемлем, т.к. с помощью процентов нельзя определить уровень достоверности в различиях. Проценты, взятые сами по себе, не дают возможности делать статистически достоверные выводы. Чтобы доказать эффективность какого-либо воздействия, необходимо выявить статистически значимую тенденцию в смещении (сдвиге) показателей. Для решения подобных задач исследователь может использовать ряд непараметрических критериев различия.

**Критерий знаков ( $G$ )** предназначен для сравнения состояния некоторого свойства у членов двух **зависимых выборок** на основе измерений, сделанных по шкале, не ниже ранговой.

Имеется две серии наблюдений над случайными переменными  $X$  и  $Y$ , полученные при рассмотрении двух зависимых выборок. На их основе составлено  $N$  пар вида  $(x_i, y_i)$ , где  $x_i, y_i$  – результаты двукратного измерения одного и того же свойства у одного и того же объекта.

В педагогических исследованиях объектами изучения могут служить учащиеся, учителя, тренеры и др. При этом  $x_i, y_i$  могут быть, например, балловыми оценками, выставленными учителем за двукратное выполнение одной и той же или различных работ одной и той же группой учащихся до и после применения некоторого педагогического средства.

Элементы каждой пары  $x_i, y_i$  сравниваются между собой по величине, и паре присваивается знак «+», если  $x_i < y_i$ ; знак «–», если  $x_i > y_i$ , и «0», если  $x_i = y_i$ .

**Нулевая гипотеза** формулируется следующим образом: в состоянии изучаемого свойства нет значимых различий при первичном и вторичном измерениях. **Альтернативная гипотеза:** законы распределения величин  $X$  и  $Y$  различны, т.е. состояния изучаемого свойства существенно различны в одной и той же совокупности при первичном и вторичном измерениях этого свойства.

Статистика критерия определяется следующим образом.

Например, что из  $N$  пар  $(x, y)$  нашлось несколько пар, в которых значения  $x_i$  и  $y_i$  равны. Такие пары обозначаются знаком «0» и при подсчете значения величины не учитываются. Предположим, что за вычетом из числа  $N$  числа пар, обозначенных знаком «0», осталось всего  $n$  пар. Среди оставшихся  $n$  пар подсчитаем число пар, обозначенных знаком «-», т.е. пары, в которых  $x_i < y_i$ . Значение величины равно числу пар со знаком минус.

Нулевая гипотеза принимается на уровне значимости 0,05, если наблюдаемое значение  $T < n - t_\alpha$ , где значение  $n - t_\alpha$  определяется из статистических таблиц для критерия знаков (приложение б).

В тех случаях, когда признаки измерены, по крайней мере, по шкале порядка, и сдвиги между вторым и первым замерах тоже могут быть упорядочены, применим **критерий Вилкоксона ( $T$ )**. Для этого они должны варьировать в достаточно широком диапазоне. В принципе, можно применять критерий Вилкоксона и в тех случаях, когда сдвиги принимают только три значения:  $-1$ ,  $0$  и  $+1$ , но тогда этот критерий вряд ли добавит что-нибудь новое к тем выводам, которые можно было бы получить с помощью критерия знаков. Вот если сдвиги изменяются, скажем, от  $-30$  до  $+45$ , тогда имеет смысл их ранжировать и потом суммировать ранги.

Суть метода состоит в том, что мы сопоставляем выраженность сдвигов в том или ином направлении по абсолютной величине. Для этого сначала ранжируются все абсолютные величины сдвигов, а потом суммируются ранги. Если сдвиги в положительную и отрицательную сторону происходят случайно, то суммы рангов их абсолютных значений будут примерно равны. Если же интенсивность сдвига в одном из направлений перевешивает, то сумма рангов абсолютных значений сдвигов в противоположную сторону будет значительно ниже, чем это могло бы быть при случайных изменениях.

Типичным сдвигом будет сдвиг в более часто встречающемся направлении, нетипичным, или редким, сдвигом – сдвиг в более редко встречающемся.

### Гипотезы критерия Вилкоксона ( $T$ ):

–  $H_0$ : интенсивность сдвигов в типичном направлении не превосходит интенсивности сдвигов в нетипичном направлении.

–  $H_1$ : интенсивность сдвигов в типичном направлении превышает интенсивность сдвигов в нетипичном направлении.

### Ограничения в применении критерия Вилкоксона ( $T$ ):

1. Минимальное количество испытуемых, прошедших измерения в двух условиях, – 5 человек. Максимальное количество испытуемых – 50 человек, что диктуется верхней границей имеющихся таблиц.

2. Нулевые сдвиги из рассмотрения исключаются, и количество наблюдений  $n$  уменьшается на количество этих нулевых сдвигов (при условии, если флажок «Учитывать нулевой сдвиг» не установлен). Можно обойти это ограничение (установив флажок «Учитывать нулевой сдвиг»), сформулировав гипотезы, включающие отсутствие изменений, например: «Сдвиг в сторону увеличения значений превышает сдвиг в сторону уменьшения значений и тенденцию сохранения их на прежнем уровне» (приложение 7).

**Критерий Фридмана** применяется для анализа повторных измерений, связанных с одним и тем же индивидуумом. Логика критерия проста. Каждый спортсмен ровно один раз подвергается каждому методу (или наблюдается в фиксированные моменты времени). Результаты наблюдения у каждого спортсмена упорядочиваются. Причем отдельно упорядочиваются значения у каждого спортсмена независимо от всех остальных. Таким образом, получается столько упорядоченных рядов, сколько спортсменов участвует в исследовании. Далее для каждого метода вычисляется сумма рангов. Если разброс сумм велик – различия статистически значимы (приложение 8).

**Критерий Пейджа ( $L$ )** применяется для сопоставления показателей, измеряемых в трех и более условиях на одной и той же выборке испытуемых.

$L$ -критерий позволяет выявить тенденции в изменении величин признака при переходе от условия к условию. Его можно рассматривать как продолжение теста Фридмана, поскольку он не только констатирует различия, но и указывает на направление изменений.

**Критерий Уайта ( $T$ )** способен выявить различия между двумя совокупностями по их ведущим тенденциям, но не оценивая степени колебания вариант. Поэтому две выборки с равно выраженными тенденциями,

но с разными пределами колебаний будут квалифицированы критерием Уайта как одинаковые.

Критерий Уайта применим при сравнении одинаковых и разных по объему выборок.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Назовите критерии различий.
2. Какие критерии различий относятся к параметрическим критериям?
3. Какие критерии различий относятся к непараметрическим критериям?
4. Назовите группу параметрических критериев.
5. Назовите непараметрические критерии. Дайте им характеристику.
6. Сравните параметрические критерии по возможности и ограниченности их применения.
7. Что такое нулевая и альтернативная гипотезы?
8. Назовите возможности и ограниченности применения непараметрических критериев.

## УЭ 9

### ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕСТОВ

1. Понятие «тест»: требования, виды.
2. Надежность теста.
3. Стабильность, согласованность, эквивалентность, информативность теста.

#### 9.1. Понятие «тест»: требования, виды

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

Не всякие измерения могут быть использованы как тесты, а только те, которые отвечают специальным требованиям. К ним относятся:

- 1) стандартность (процедура и условия тестирования должны быть одинаковыми во всех случаях применения теста);
- 2) наличие системы оценок;
- 3) надежность;

- 4) стабильность;
- 5) согласованность;
- 6) эквивалентность;
- 7) информативность.

Тесты, удовлетворяющие требованиям надежности и информативности, называют **добротными**, или **аутентичными** (греч. *аутенико* – достоверным образом).

Процесс испытаний называется **тестированием**; полученное в итоге измерения числовое значение – **результатом тестирования**. Например, бег 100 м – это тест, процедура проведения забегов и хронометража – тестирование, время бега – результат теста. В зависимости от цели все тесты подразделяются на три группы.

В первую из них входят показатели, измеряемые в покое: физическое развитие (длина и масса тела, толщина жировых складок, объем мышечной и жировой ткани и т.д.), функционирование основных систем организма (ЧСС, состав крови, мочи и т.п.). В эту же группу входят психологические тесты. Информация, получаемая с помощью этих тестов, является основной, во-первых, для оценки физического состояния спортсменов, во-вторых, для сравнения значений, полученных при выполнении нагрузки.

Вторая группа – это стандартные тесты, когда всем спортсменам предлагается выполнить одинаковое задание (например, бежать на тредбане со скоростью 5 м/с в течение 5 мин или в течение одной минуты подтянуться на перекладине 10 раз и т.д.). Специфическая особенность этих тестов заключается в выполнении неопредельной нагрузки, и, следовательно, отсутствует мотивация на достижение максимально возможного результата.

Результат такого теста зависит от способа задания нагрузки: если задается механическая величина нагрузки, то измеряются медико-биологические показатели. Если же нагрузка теста задается по величине сдвигов медико-биологических показателей, то измеряются физические величины нагрузки (время, расстояние и т.п.).

Третья группа – это тесты, при выполнении которых нужно показать максимально возможный двигательный результат. Особенность таких тестов – высокий психологический настрой (мотивация) спортсмена на достижение предельных результатов.

Тесты, в основе которых лежат двигательные задания, называют **двигательными**, или **моторными**. Результатами их могут быть либо двигательные достижения (время прохождения дистанции, число повторений, пройденное

расстояние и т.п.), либо физиологические и биохимические показатели. В зависимости от этого, а также задания, которое стоит перед исследуемым, различают три группы двигательных тестов: контрольные упражнения, стандартные функциональные пробы, максимальные функциональные пробы.

Иногда 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.

## 9.2. Надежность теста

Один и тот же тест, примененный к одним и тем же испытуемым, должен давать в одинаковых условиях совпадающие результаты. Однако при самой строгой стандартизации и точной аппаратуре результаты тестирования всегда несколько варьируют. Например, спортсмен, только что прыгнувший в длину с места на 260 см, в следующем прыжке показывает лишь 255 см.

**Надежностью** теста называется степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же людей в одинаковых условиях. Вариацию результатов в повторных измерениях называют внутрииндивидуальной, или внутригрупповой (внутриклассовой). Основные причины, вызывающие эту вариацию:

- изменение состояния испытуемых (утомление, вработывание, научение, изменение мотивации и т.п.);
- неконтролируемые изменения внешних условий и аппаратуры (температура, ветер, влажность, напряжение в электросети, присутствие посторонних лиц и т.п.);
- изменение состояния человека, проводящего или оценивающего тест (в том числе замена одного экспериментатора или судьи другим);
- несовершенство теста.

Основное различие теории надежности тестов от теории ошибок измерения состоит в том, что в теории ошибок измеряемая величина считается неизменной, а в теории надежности тестов предполагается, что она меняется от измерения к измерению. Например, если мы измеряем результат выполненной попытки в метании копья, то он вполне определенный и с течением времени измениться не может.

Теория надежности исходит из того, что результат любого измерения, проводимого на человеке,  $x_t$  есть сумма двух значений:

$$x_t = x_\infty + x_e, \quad (9.35)$$

где  $x_\infty$  – так называемый истинный результат, который хотят зафиксировать;

$x_e$  – ошибка, вызванная неконтролируемыми изменениями в состоянии испытуемого и случайными ошибками измерения.

При более глубоком анализе эти две составляющие рассматриваются отдельно; для простоты мы этого делать не будем. Такой подход равносильно предположению, что случайная ошибка измерения мала в сравнении с колеблемостью результатов, вызванной изменениями в состоянии спортсмена.

Под истинным результатом понимают среднее значение  $x_t$  при бесконечно большом числе наблюдений в одинаковых условиях (поэтому при  $x$  и ставят знак бесконечности  $\infty$ ).

Если ошибки случайны (их сумма равна нулю и в разных попытках они не зависят друг от друга), тогда из математической статистики следует:

$$\sigma_t^2 = \sigma_\infty^2 + \sigma_e^2, \quad (9.36)$$

т.е. зарегистрированная в опыте дисперсия результатов ( $\sigma_t^2$ ) равна сумме дисперсий истинных результатов ( $\sigma_\infty^2$ ) и ошибок ( $\sigma_e^2$ ).  $\sigma_\infty^2$  характеризует идеализированную (т.е. свободную от ошибок) межклассовую вариацию,  $\sigma_e^2$  – внутриклассовую изменчивость.

**Коэффициентом надежности** ( $r_{tt}$ ) называется отношение истинной дисперсии к дисперсии, зарегистрированной в опыте:

$$r_{tt} = \frac{\text{истинная дисперсия}}{\text{зарегистрированная дисперсия}}, \quad (9.37)$$

$$r_{tt} = \frac{\sigma_\infty^2}{\sigma_t^2} = \frac{\sigma_t^2 - \sigma_e^2}{\sigma_t^2} = 1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma_t^2}. \quad (9.38)$$

Иными словами,  $r_{tt}$  есть просто доля истинной вариации, которая зарегистрирована в опыте.



Кроме коэффициента надежности используют еще **индекс надежности**

$$r_{t\infty} = \sqrt{r_{tt}}, \quad (9.39)$$

который рассматривают как теоретический коэффициент корреляции зарегистрированных значений теста с истинными. Пользуются также понятием **стандартной ошибки надежности**. Так называют среднее квадратическое отклонение зарегистрированных результатов теста ( $x_t$ ) линии регрессии, связывающей значение с истинными результатами ( $x_\infty$ ):

$$r_{t\infty} = \sigma_t \sqrt{1 - r_{tt}}. \quad (9.40)$$

Стандартная ошибка надежности характеризует среднее стандартное отклонение результатов отдельных испытуемых от их собственных средних величин. Например, если стандартная ошибка надежности равна  $\pm 3$  см, это значит, что в 68% случаев результаты отдельных спортсменов при повторных измерениях находились в пределах  $\pm 3$  см от того среднего результата, который каждый из них показал.

### 9.3. Стабильность, согласованность, эквивалентность, информативность теста

Под **стабильностью** теста понимают воспроизводимость результатов при его повторении через определенное время в одинаковых условиях. Повторное тестирование обычно называют **ретестом**. Схема оценки стабильности теста такова:

$$\text{тест} \frac{\text{временной интервал}}{\text{ретест}}$$

Рисунок 15. – Оценка стабильности теста

При этом различают два случая. В одном ретест проводят для того, чтобы получить надежные данные о состоянии испытуемого в течение всего временного интервала между тестом и ретестом. Например, чтобы получить надежные данные о функциональных возможностях лыжников в июне, у них проводят измерение МПК дважды с интервалом в одну неделю. В этом случае важны точные результаты теста. Надежность должна оцениваться с помощью дисперсионного анализа.

В другом случае может быть важным лишь сохранение порядка испытуемых в группе (остается ли первый первым, последний – среди последних). В этом случае стабильность оценивают по коэффициенту корреляции между тестом и ретестом.

Стабильность теста зависит:

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

Например, морфологические характеристики при небольших временных интервалах достаточно стабильны; наименьшую стабильность имеют тесты на точность движений (например, броски в цель).

У взрослых результаты тестирования более стабильны, чем у детей; у спортсменов – более стабильны, чем у не занимающихся спортом.

С увеличением временного интервала между тестом и ретестом стабильность теста снижается.

**Согласованность** теста характеризуется независимостью результатов тестирования от личных качеств лица, проводящего или оценивающего тест. Согласованность определяется по степени совпадения результатов, получаемых на одних и тех же испытуемых разными экспериментаторами, судьями, экспертами. При этом возможны два варианта:

- лицо, проводящее тест, только оценивает его результаты, не влияя на них. Например, нередко различаются оценки судей в гимнастике, фигурном катании на коньках, боксе; показатели ручного хронометрирования, оценка электрокардиограммы или рентгенограммы разными врачами и т.п.;
- лицо, проводящее тест, влияет на его результаты. Например, некоторые экспериментаторы более настойчивы и требовательны, другие лучше мотивируют испытуемых.

**Эквивалентность теста** – это возможность измерения одного и того же физического качества или стороны подготовленности спортсмена 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, вторую и т.д. (рисунок 16).

$$\text{формаА} \frac{\text{минимальный}}{\text{временной интервал}} \text{формаБ}$$

Рисунок 16. – Схема определения эквивалентности теста

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.

**Гомогенным** называется комплекс из нескольких эквивалентных тестов.

**Гетерогенные** комплексы состоят из неэквивалентных тестов.

Пути повышения надежности: более строгая стандартизация тестирования; увеличение числа попыток; увеличение числа экспертов и повышение согласованности их мнений; увеличение числа эквивалентных тестов; лучшая мотивация испытуемых.

**Информативность теста** – это степень точности, с какой он измеряет свойство (качество, способность, характеристику и т.п.), для оценки которого используется. Информативность нередко называют **валидностью** (от англ. *validity* – обоснованность, действительность, законность).

Если говорить об оценке подготовленности спортсменов, то наиболее информативным показателем является результат в соревновательном упражнении. Он зависит от большего 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 работоспособностью будут соревноваться одинаково успешно (при прочих равных условиях).

Для выявления ведущих факторов, от которых зависит результат в соревновательном упражнении, используются информативные тесты. Различают **два вида информативности**: логический (содержательный) и эмпирический (опытный).

**Логический вид информативности** чаще всего используется в видах спорта, где нет четкого количественного критерия. Он содержит качественную оценку результатов теста и определяется при помощи логических рассуждений.

**Эмпирический вид информативности** позволяет сравнить результаты теста с некоторыми критериями. В качестве критерия могут быть выбраны:

- 1) спортивный результат, ранг спортсмена в команде;
- 2) количественная оценка спортивного упражнения (например, сила отталкивания в прыжках, процент точных передач в футболе и т.д.);
- 3) результаты другого теста, информативность которого доказана;
- 4) принадлежность к определенной группе. Например, можно сравнивать мастеров спорта и спортсменов низших разрядов; принадлежность к одной из этих групп является критерием;
- 5) составной критерий – сумма очков, набранная при выполнении комплекса тестов (в многоборье).

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

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Что означает слово «тест»?
2. Что позволяет определить тест?
3. Что такое тестирование?
4. Какими качествами должны обладать аутентичные тесты?
5. Какими значениями тест выражается?
6. На сколько групп разделяются тесты по признакам цели?
7. Что такое стандартные тесты?
8. Что такое моторные тесты?
9. Назовите три группы двигательных тестов.
10. Что такое надежность теста?
11. Какие вариации изменений могут образовываться при повторных измерениях?
12. На каком предложении строится теория надежности измерений?

13. Какие характеристики имеет надежность?
14. Что такое стабильность теста?
15. Что такое ретест?
16. Вставьте пропущенные значения.  
*Стабильность теста зависит от ..., контингента испытуемых, ... .*
17. Чем характеризуется независимость тестов?
18. Что такое эквивалентность теста?
19. Что отражает информативность теста?

## УЭ 10

### ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1. Оценка как выражение результата теста.
2. Таблицы очков по видам спорта и шкалы оценок.
3. Основные задачи оценивания. Проблема критерия.
4. Разновидности норм.
5. Условия пригодности норм.

#### 10.1. Оценка как выражение результата теста

Показанные спортсменами результаты (в частности, результаты тестов):

- выражаются в разных единицах измерения (время, расстояние и т.д.) и поэтому непосредственно не сопоставимы друг с другом;
- сами по себе не указывают, насколько удовлетворительно состояние спортсмена (скажем, время бега на 100 м, равное 12,0 с, может рассматриваться как очень хорошее и как очень плохое в зависимости от того, о ком идет речь).

Поэтому результаты превращают в оценки (очки, баллы, отметки, разряды и т.п.).

**Оценкой** (или педагогической оценкой) называется унифицированная мера успеха в каком-либо задании, в частном случае – в тесте. Процесс выведения (расчета, определения) оценок называют **оцениванием**.

Таблицы очков по видам спорта, оценки результатов тестов, школьные и вузовские отметки по физической культуре и физическому воспитанию, положения о соревнованиях и утвердившаяся практика неофициального подсчета очков на олимпийских играх – все это примеры оценивания.

Оценка может быть выражена различными способами, например, в виде качественной характеристики («хорошо – удовлетворительно – плохо» или зачет – незачет»), выставляемой отметки как в школе (от «единицы» до «десяти»), набранных очков (в многоборье), факте выполнения разрядных норм. Но во всех случаях она имеет общие черты.

Различают **учебные** оценки, которые выставляет преподаватель учащимся по ходу учебного процесса, и **квалификационные**, под которыми понимаются все прочие виды оценок (в частности, официальных соревнований, тестирования и др.). Большой разницы между учебными и квалификационными оценками нет, однако, процедура квалификационного оценивания более сложная.

В полном, развернутом виде квалификационное оценивание (рисунок 17) проводят в два этапа (например, в многоборье). На первом показанные спортивные результаты превращают на основе шкал оценок в очки (промежуточная оценка), на втором, после сравнения набранных очков с заранее установленными нормами, определяют итоговую оценку.

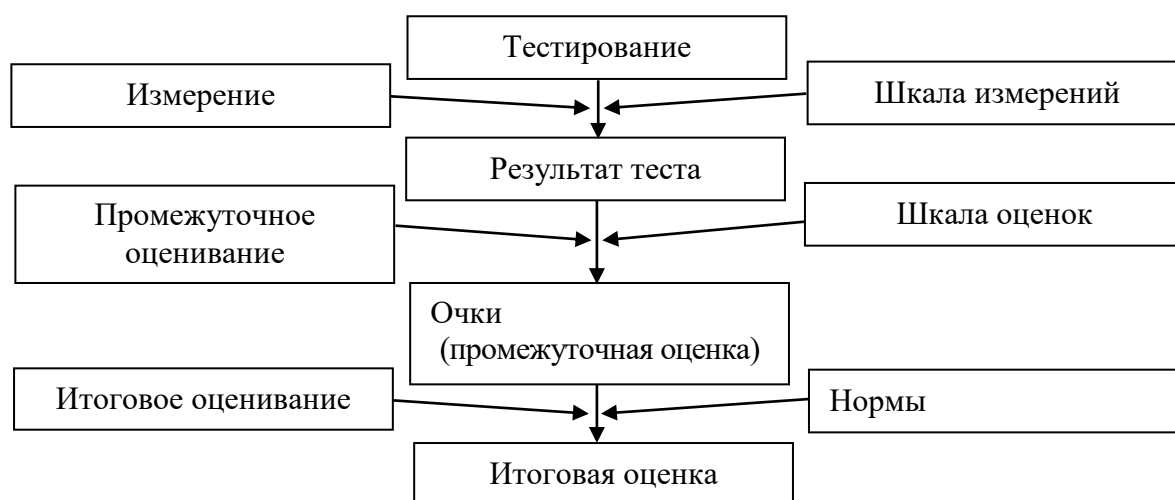


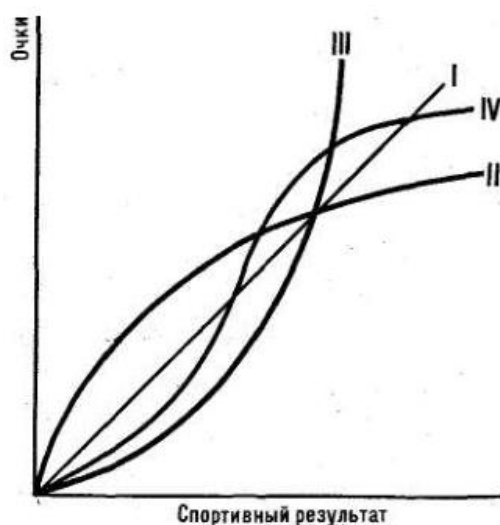
Рисунок 17. – Схема оценивания спортивных результатов и результатов тестов

Не во всех случаях оценивание происходит по такой развернутой схеме. Порой промежуточное и итоговое оценивания сливаются.

## 10.2. Таблицы очков по видам спорта и шкалы оценок

Закон преобразования спортивных результатов в очки называется **шкалой оценок**. Шкала может быть задана в виде математического выраже-

ния (формулы), таблицы или графика. На рисунке 18 схематически показаны 4 основных типа шкал, встречающихся в спорте и физическом воспитании.



I – пропорциональная шкала; II – регрессирующая;  
III – прогрессирующая; IV – сигмовидная

Рисунок 18. – Основные типы шкал оценок

Первый тип – **пропорциональные шкалы**. Этот тип шкал предполагает начисление одинакового числа очков за равный прирост результатов (например, за каждые 0,1 с улучшения результат в беге на 100 м начисляется 20 очков). Пропорциональные шкалы приняты в современном пятиборье, конькобежном спорте, лыжных гонках, лыжном двоеборье, биатлоне и других видах спорта.

К типу пропорциональных шкал относятся все **стандартные шкалы**, названные так потому, что масштаб в них служат стандартные (средние квадратические) отклонения. Простейшей стандартной шкалой является **Z-шкала**. В этой шкале начисляемые очки равны нормированному отклонению. **Нормированным отклонением** называется отклонение от средней, выраженное в единицах стандартного отклонения. Средний результат в ней оценивается в ноль очков, результаты ниже средней величины получают отрицательные очки, а подавляющее большинство результатов укладывается в диапазоне от -3,0 до +3,0. Из-за отрицательных значений эта шкала неудобна и используется редко.

Наиболее популярна среди стандартных шкал **T-шкала**. Здесь средняя приравнивается к 50, а стандарт – к 10 очкам, а расчет суммы баллов:

$$T = 50 + 10 \frac{x - \bar{X}}{\sigma} = 50 + 10Z, \quad (10.39)$$

где  $x$  – показанный результат;

$\bar{X}$  и  $\sigma$  – как обычно, средняя величина и стандартное отклонение.

Например, если средняя величина в прыжках в длину с места равнялась 224 см, а стандарт – 20 см, то за результат 222 см начисляется 49 очков, а за 266 см – 71 очко. Разумеется, приравнивание средней к 50, а стандарт к 10 очкам произвольно.

Второй тип – **регрессирующие шкалы**. В этом случае за один и тот же прирост результата начисляют по мере возрастных спортивных достижений все меньшее число очков (например, за улучшение результата в беге на 100 м с 15,0 до 14,9 с добавляют 20 очков, а за 0,1 с в диапазоне 10,0–9,9 с – только 15 очков). Такие шкалы кажутся несправедливыми, но применение их во многих случаях целесообразно. Шкалы такого типа приняты сейчас в некоторых видах легкоатлетических прыжков и метаний.

Третий тип – **прогрессирующие шкалы**. Здесь чем выше спортивный результат, тем большей прибавкой очков оценивается улучшение (например, за улучшение времени в беге от 15,0 до 14,9 добавляют 10 очков, а от 10,0 до 9,9 с – 100 очков). Прогрессирующие шкалы применяются в плавании, отдельных видах легкой атлетики, тяжелой атлетике.

Четвертый тип – **сигмовидные** (или **S-образные**) шкалы. В этих шкалах улучшение результатов в зонах очень низких и очень высоких достижений поощряется скупое; больше всего очков приносит прирост результатов в средней зоне достижений.

К данному типу шкал относится **перцентильная шкала**.

В основе этой шкалы лежит следующая операция: каждый спортсмен из группы получает за свой результат (в соревнованиях или в тесте) столько очков, сколько спортсменов он опередил. Таким образом, оценка победителя – 100 очков, оценка последнего – 0 очков. Тот же принцип можно использовать и в других тестах: число начисляемых очков приравнивать к проценту лиц, которых опередил данный участник. Шкала, построенная таким образом, называется **перцентильной**, а интервал этой шкалы –



**перцентилем.** Один перцентиль включает 1% всех испытуемых. 50%-ный перцентиль, как известно, называется медианой. Поскольку большая часть людей показывает результаты, близкие к средним, и сравнительно мало людей имеет очень высокие или очень низкие результаты, перцентили соответствуют разным приростам результатов тестов: в середине шкалы – малым, на краях – большим (рисунок 19).

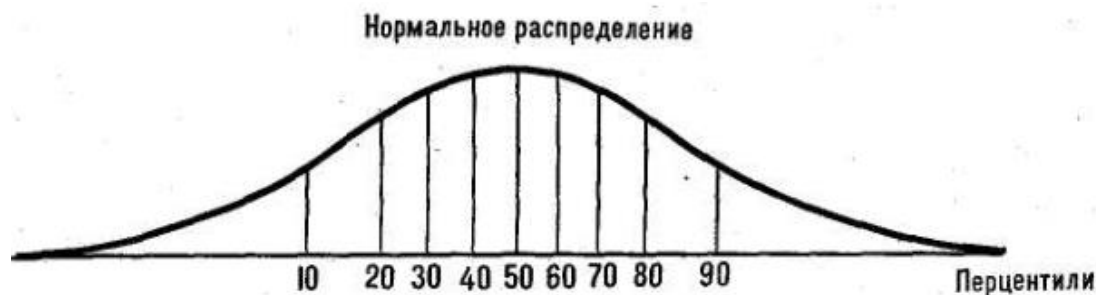


Рисунок 19. – Соотношение между нормальным распределением и перцентильной шкалой

В практике спорта и физического воспитания используются и другие виды шкал. Например, если известно статистическое распределение результатов теста (стандарты и др. параметры распределения) можно построить **шкалы выбранных точек**. В видах спорта циклического характера и в тяжелой атлетике, где результаты зависят от параметров, эти зависимости представляются в виде **параметрических шкал**. Такие шкалы относятся к числу наиболее точных. Во многих случаях при повторном тестировании не удастся обеспечить строго постоянных условий. В таких случаях используется шкала ГЦОЛИФК, выраженная в формуле

$$\text{Очки} = 100\% \left( 1 - \frac{\text{лучший результат} - \text{оцениваемый результат}}{\text{лучший результат} - \text{худший результат}} \right). \quad (10.40)$$

Например, лучший результат в тройном прыжке с места – 10 м 26 см, худший – 9 м 37 см. Текущий результат – 10 м.

$$100\% \left( 1 - \frac{20 - 15}{20 - 10} \right) = 50 \text{ очков.}$$

### 10.3. Основные задачи оценивания. Выбор и обоснование критериев

Задачи, которые решаются в ходе оценивания, многообразны. Среди них можно выделить основные:

1) сопоставить разные достижения в одном и том же задании (тесте, спортивной дисциплине, упражнении, виде многоборья). Например, сопоставить спортивные результаты, равные норме мастера спорта I разряда. Сколько перворазрядных результатов соответствует одному мастерскому?

2) сопоставить достижения в разных заданиях. Главным здесь является уравнивание оценок за достижения одинаковой трудности разных видов спорта или разных дисциплинах соревнований. Такие равно трудные достижения называются **эквивалентными**;

3) определить нормы. В отдельных случаях (школьные оценки, и т.п.) нормы совпадают с градациями шкалы.

Оценка, как унифицированный измеритель спортивных результатов, может быть эффективной, если она справедлива и с пользой применяется в практике. А это зависит от критериев, на основе которых оцениваются результаты.

Целесообразно использование следующих критериев:

1) 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 будут резко отличаться;

2) равенство объемов нагрузок, которые необходимо затратить на достижение одинаковых квалификационных норм в разных видах спорта;

3) равенство объемов нагрузок, которые необходимо затратить на достижение одинаковых квалификационных норм в разных видах спорта;

4) равные соотношения между числом спортсменов, выполнивших разрядные нормы в разных видах спорта.

В свою очередь оценка должна:

- быть справедливой, т.е. оценивать достижения:
  - равной трудности (эквивалентные) равным числом очков;
  - неравной трудности – тем большим числом очков, чем трудность достижений;
- приводить к практически полезным результатам.

Эти критерии не всегда совместимы. Например, прогрессирующая шкала, в принципе, представляется справедливой: даже немного повысить мировой рекорд несравненно труднее, чем добиться прироста результатов на уровне III разряда.

Регрессирующие шкалы едва ли можно считать справедливыми, но они полезны. В многоборьях они стимулируют внимание к отстающим видам, в командных соревнованиях – массовость (в ущерб мастерству).

Вопрос о том, какая система оценивания лучше, бессмыслен, если не поставлена цель, ради которой эта система вводится. Например, если цель (скажем, на соревнованиях по ОФП) в устранении слабых звеньев в подготовке, то регрессирующая шкала наиболее приемлема несмотря на ее несправедливость.

Разумеется, во всех случаях, где это осуществимо, целесообразно сочетать критерии обеих групп (справедливость и полезный эффект).

#### 10.4. Разновидности норм

**Нормой** в спортивной метрологии называется граничная величина результата, служащая основой для отнесения спортсмена к одной из классификационных групп. Спортсменов можно делить на такие группы в соответствии со спортивными разрядами, степенью тренированности и т.п.

Существует **три вида** норм:

- сопоставительные;
- индивидуальные;
- должные.

**Сопоставительные** нормы имеют в своей основе сравнение людей, принадлежащих к одной и той же совокупности. Обычно эти нормы строятся с помощью шкал, описанных в УЭ 2, но можно строить их непосредственно с помощью средних и стандартов.

Нормы такого рода удобны тем, что сразу ясно, какому проценту лиц они посильны. Такие нормы целесообразны, когда можно экспериментально зарегистрировать средние значения и стандартные отклонения результатов в той совокупности, для которой нормы вводятся.

В сопоставительных нормах используется иногда другой критерий (кроме процента лиц, которым доступна норма) – время, необходимое для достижения определенного уровня результатов. Возрастные нормы относятся к **сопоставительным**. Они основаны на том очевидном факте, что

с возрастом функциональные возможности людей изменяются. Есть два варианта определения возрастных норм. В первом для людей каждого возраста составляется обычным образом одна из шкал оценок (например, перцентильная шкала? или Г-шкала) и затем с ее помощью вводятся нормы (скажем, равные 50 или 75 очкам по перцентильной шкале). Во втором варианте определяется так называемый **биологический** (в частном случае двигательный) возраст. Он соответствует среднему календарному возрасту людей, показывающих данный результат.

Сопоставительные нормы характеризуют лишь сравнительные успехи испытуемых в данной совокупности, но ничего не говорят о совокупности в целом. Поэтому сопоставительные нормы должны сравниваться с данными, полученными на других совокупностях, и использоваться в сочетании с индивидуальными и должными нормами.

**Индивидуальные нормы** основаны на сравнении показателей одного и того же спортсмена в разных состояниях. Например, во многих видах спорта нет зависимости между собственным весом спортсмена и спортивным результатом (спортсмены любого веса могут добиться примерно равных успехов). Вводить сопоставительную норму здесь не имеет смысла. Однако у каждого спортсмена есть индивидуально оптимальный вес, соответствующий состоянию спортивной формы. Эту индивидуальную норму можно определить, систематически регистрируя вес данного спортсмена в течение длительного времени. Индивидуальные нормы особенно широко используются в текущем контроле.

**Должные нормы** основаны на анализе того, что должен уметь делать человек, чтобы успешно справляться с задачами, которые перед ним ставит жизнь: труд, оборонная деятельность, быт, спорт т.д.

### 10.5. Условие пригодности норм

Размеры тела (длина тела, вес и пр.) влияют на двигательные возможности людей. Так, люди высокого роста имеют преимущество в прыжках в высоту. Естественно желание определить нормы максимально справедливо, чтобы различия в телосложении на них не сказывались.

Наиболее простой путь этого – выбрать такие тесты, на которые не влияют особенности телосложения. Например, у девочек максимальная скорость бега не зависит от длины тела (рисунок 20), а у мальчиков эта зависимость существует только в период полового созревания.

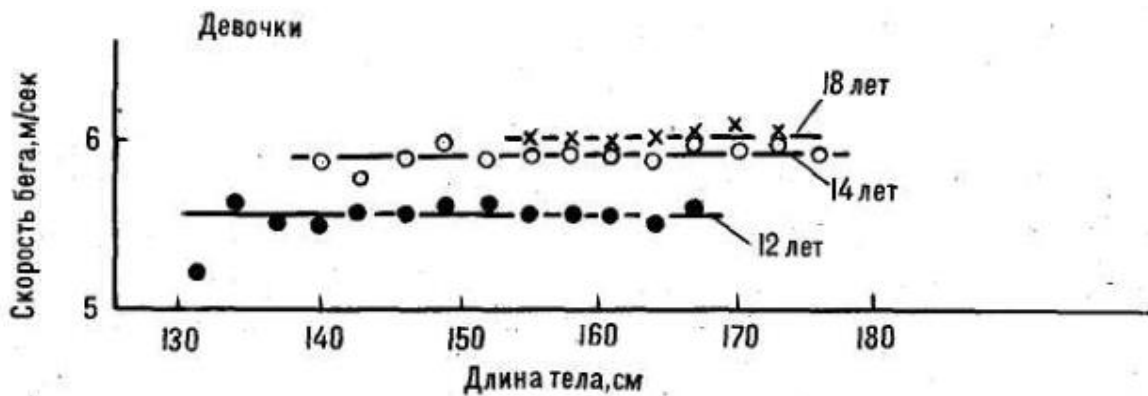


Рисунок 20. – Максимальная скорость бега у детей разного возраста, имеющих разную длину тела (данные свыше 100 тыс. наблюдений, по Ф. Баху)

Если подобные тесты подобрать не удастся, приходится вводить нормы с учетом не только возраста, но также роста и веса. Пример номограмм для определения среднего результата в прыжке в длину с места у 15-летних мальчиков и девочек приведен на рисунке 21.



$x_1$  – длина тела, см;  $x_2$  – вес тела, кг;  $x_3$  – прыжок в длину с места, см (данные И. Гавличека)

Рисунок 21. – Номограммы для определения среднего результат в прыжках в длину с места у 15-летних мальчиков и девочек разного роста и веса

Чтобы определить средний результат, надо соединить на номограмме значения веса прямой линией. Пересечение ее со шкалой результатов

в прыжке в длину с места укажет среднее значение в этом тесте. Той же цели служат так называемые классификационные индексы (КИ). Каждый из них, используемый для оценки физической подготовленности школьников США и Канады, выглядит так

$$\text{КИ} = 20 \text{ возраст (в десятичной системе)} + 2,5 \text{ рост (см)} + \\ + 2,0 \text{ вес (кг)} - 12.$$

Для каждого значения КИ разработана перцентильная шкала. Определив значение для отдельного испытуемого, можно оценить его физическую подготовленность с учетом возраста, роста и веса.

Нормы составляются для определенной группы (совокупности) людей и пригодны только для этой группы.

Нормы пригодны, если устанавливались на основе обследования типичной выборки испытуемых из всей группы (генеральной совокупности), которой они вводятся. Как известно из математической статистики, выборка, точно отражающая генеральную совокупность, называется **репрезентативной**.

Наконец, учитывая, что двигательные возможности людей разных поколений не одинаковы, нормы необходимо периодически пересматривать. Норма должна быть **современна**.

Релевантность, репрезентативность и современность норм – обязательные условия их пригодности

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Что такое оценка?
2. Какими способами могут быть выражены оценки?
3. Чем отличаются учебные оценки от квалификационных?
4. Во сколько этапов проводят квалификационное оценивание: а) 2; б) 3; в) 4; г) 5?
5. В чем состоит цель таблицы очков по видам спорта?
6. Что такое шкала оценок?
7. Какие типы шкал оценок, встречающихся в спорте и физическом воспитании, отсутствуют в данном перечне: пропорциональная, ..., прогрессирующая, ...?
8. Что предполагает пропорциональная шкала?
9. Какие шкалы относятся к типу пропорциональных шкал?

10. Какие шкалы относятся к стандартным шкалам?
11. Какие шкалы наиболее популярны среди стандартных шкал?
12. Почему Z-шкалу называют простейшей?
13. Какие задачи может решать оценивание?
14. Какими качественными характеристиками должна обладать оценка?
15. Объясните, в каких случаях вопрос о том, какая система оценивания лучше, будет корректным?
16. К какому типу шкал относится перцентильная шкала?
17. Какое действие положено в основу формирования перцентильной шкалы?
18. Какие еще виды шкал используются в практике спорта и физвоспитания?
19. Что такое норма в спортивной метрологии?
20. Какой вид норм отсутствует в данном перечне: сопоставительные, индивидуальные, ...?
21. В чем суть каждой из норм?
22. При каких условиях нормы считаются пригодными?

## УЭ 11

### МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

1. Понятие «квалиметрия» и использование ее в спорте.
2. Организация и проведение экспертизы.
3. Метод анкетирования.

#### 11.1. Понятие «квалиметрия» и использование ее в спорте

**Качественными** называются показатели, не имеющие определенных единиц измерения. Для количественной оценки таких показателей нередко используются методы, основанные на идеях квалиметрии.

**Квалиметрия** (лат. *qualitas* – качество, *metron* – мера) изучает и разрабатывает количественные методы оценки качества.

В основе квалиметрии лежат 4 исходных положения:

- 1) любое качество можно измерить.

Количественные методы издавна применяются в спорте для оценки красоты и выразительности движений, а в последнее время начинают

использоваться для оценки всех без исключения сторон спортивного мастерства, эффективности тренировочной и соревновательной деятельности, качества спортивного инвентаря и т.д.;

2) качество зависит от ряда свойств, образующих «дерево качества».

Пример: дерево качества исполнения упражнений в фигурном катании на коньках, состоящее из трех уровней, – высшего (качество исполнения композиции в целом), среднего (техника исполнения и артистизм) и низшего (качество исполнения отдельных элементов);

3) каждое свойство определяется двумя числами: **относительным показателем  $K$**  и **весомостью  $M$** ;

4) сумма весомостей свойств на каждом уровне равна единице (или 100%).

Относительный показатель характеризует выявленный уровень измеряемого свойства (в процентах от его максимально возможного уровня), а весомость – сравнительную важность разных показателей. Например, фигурист получил за технику исполнения оценку  $K_T = 5,6$  балла, за артистизм – 5,4 балла. Весомости техники исполнения и артистизма в фигурном катании на коньках признаны одинаковыми ( $M_C = M_T = 1,0$ ). Поэтому общая оценка  $Q = M_C K_C + M_T K_T$  составила 11,0 балла.

Методические приемы квалиметрии делятся на две группы эвристические (интуитивные), основанные на экспертных оценках, а также анкетировании, и инструментальные (или аппаратурные).

## 11.2. Организация и проведение экспертизы

**Экспертной** называется оценка, получаемая путем выяснения мнений специалистов. Эксперт (от лат. *expertus* – опытный) – сведущее лицо, приглашаемое для решения вопроса, требующего специальных знаний.

**Экспертиза** бывает индивидуальной (когда к решению задачи привлекается один специалист) и групповой. Эксперты могут устно высказывать свое мнение или заполнять специальную анкету.

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, чем долго искать



пути точного решения. Но 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 анализ ее с целью выработки оптимальных решений.

Проведение экспертизы включает следующие основные этапы: формирование цели, подбор экспертов, выбор методики, проведение опроса и обработку полученной информации, в т.ч. оценку согласованности индивидуальных экспертных оценок.

**Подбор экспертов** – важный этап экспертизы. Высококвалифицированному эксперту свойственны компетентность, беспристрастность, интуиция, широта взглядов и независимость суждений.

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 деятельности к средней абсолютной эффективности деятельности группы экспертов. Очевидно, что эксперт представляет тем большую ценность, чем выше абсолютная и относительная эффективность его деятельности. Судей во многих видах спорта можно рассматривать как своеобразных экспертов, оценивающих мастерство спортсмена (например, в гимнастике) или ход поединка (например, в боксе).

**Способы проведения экспертизы** многообразны. Самый простой из них – метод предпочтения (ранжирования). Пользуясь этим методом, эксперты расставляют оцениваемые объекты по рангам в порядке ухудше-

ния их качества. Место каждого объекта определяется числом набранных баллов: чем больше (меньше) сумма баллов, тем выше занятое место.

Из более сложных методов проведения экспертизы получил распространение метод Дельфи, разработанный для решения крупных деловых проблем. Его отличительными особенностями являются:

- анонимность – эксперты не встречаются друг с другом, и тем самым исключается влияние авторитета и красноречия кого-либо на мнение группы;

- многоэтапность – после каждого тура экспертизы эксперты имеют возможность ознакомиться с мнениями коллег и к следующему туру пересмотреть свою точку зрения;

- управляемость – регулирует процедуру экспертизы и сохраняет ее анонимность «координатор», который вправе попросить каждого эксперта письменно обосновать свое мнение и ознакомить с ним других экспертов;

- контроль за качеством экспертизы – после каждого тура экспертизы оценивается разброс мнений экспертов относительно среднего значения. Применяемые при этом количественные меры зависят от того, какие измерительные шкалы используются: если шкала порядка, то среднее значение оценивают медианой, а неодинаковость мнений – величиной квантилей (числовая характеристика закона распределения случайной величины); если шкала интервалов или отношений, то применяют среднее арифметическое значение и стандартное отклонение.

Процедура экспертизы по методу Дельфи продолжается до тех пор, пока разброс отдельных мнений не снизится до заранее выбранного значения.

### 11.3. Метод анкетирования

**Анкетированием** называется метод сбора мнений посредством заполнения анкет. **Анкетой** (от франц. *anquete* – расследование) называется опросный лист, содержащий вопросы, на которые нужно ответить письменно. Техника экспертизы и анкетирования – это сбор и обобщение мнений отдельных людей. Анкетирование наряду с интервью относится к методам опроса. Методы опроса позволяют получать информацию о мнениях людей, мотивах поведения, намерениях и т.д., т.е. обо всем, что пока еще не может быть установлено при помощи инструментальных методов измерения. По отношению к методу экспертных оценок анкетирование играет не только служебную роль, но и имеет самостоятельное значение, если речь идет о сборе массовых мнений.

Применяется несколько вариантов анкетирования: групповое и индивидуальное, очное и заочное, персональное и анонимное. При **групповом** анкетировании на вопросы анкеты отвечает коллектив (например, учебная группа). При **заочном** анкетировании ответы присылаются по почте. При **анонимном** анкетировании не заполняется демографическая часть анкеты, т.е. не указываются фамилия, имя, отчество, возраст, образование и другие паспортные данные респондента.

Анкета, как правило, состоит из двух частей: демографической и основной. Вопросы **демографического** характера рекомендуется помещать в конце анкеты. В основную часть анкеты помещают вопросы открытые (свободные) или закрытые, безусловные или условные, прямые или косвенные.

**Открытыми** называются вопросы, не ограничивающие ответ респондента.

**Прямые** вопросы нацелены непосредственно на решение задач исследования.

**Условные** вопросы, в отличие от **безусловных**, предлагают респонденту высказать свое мнение о явлениях, которые могли бы иметь место при определенных условиях.

От составителя анкеты требуется высокая профессиональная компетентность, безупречная грамотность, такт. Вопросы должны быть лаконичны, соответствовать образовательному уровню респондентов. Желательно в начале анкеты расположить нетрудные вопросы, которые могли бы заинтересовать респондентов, а основную часть вопросов «по существу» поместить в середину анкеты.

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

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Какие показатели называют качественными? Приведите пример.
2. Что такое квалиметрия?
3. Кто такой эксперт?
4. Можете ли Вы быть экспертом?
5. Назовите виды экспертизы в соответствии с составом участников.
6. От чего зависит экспертная оценка?
7. Назовите этапы проведения экспертизы.

8. Назовите основные способы подбора экспертов.
9. Какие способы проведения экспертизы Вы знаете?
10. В чем суть метода предпочтения при проведении экспертизы?
11. В каких случаях при проведении процедуры экспертизы используется метод Дельфи?
12. Что такое анкета?
13. Назовите известные Вам варианты анкетирования.
14. Какие вопросы называются прямыми?

## УЭ 12

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ЗА СПОРТСМЕНАМИ

1. Система измерительной аппаратуры в спорте. Классификация инструментальных методов контроля.
2. Характеристика оптических и оптико-электронных методов регистрации движений.
3. Характеристика механоэлектрических и телеметрических методов сбора информации о спортсмене.

#### 12.1. Состав измерительной системы.

##### Классификация инструментальных методов контроля

Как уже было отмечено в УЭ 11 (11.1), в квалиметрии используются кроме экспертизы и анкетирования и инструментальные способы. Система измерительной аппаратуры в спорте включает датчики информации, линию связи и регистрирующее устройство. Кроме того, в ее состав может входить и вычислительное устройство (для автоматической обработки информации).

**Датчиком** называется элемент измерительной системы, который непосредственно воспринимает изменения измеряемого показателя. От датчиков информация по **линии связи** поступает на регистрирующее или вычислительное устройство. Это поступление может осуществляться двумя способами:

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

## 12.2. Характеристика оптических и оптико-электронных методов регистрации движений

Оптические и оптико-электронные методы предназначены для дистанционного и бесконтактного контроля за спортсменом. Они не мешают естественному ходу тренировок и соревнований.

**Оптические методы** основаны на фотографии. **Фотография** («светопись») – это совокупность способов получения изображений на светочувствительном материале. Различают **фото-** и **киносъемку**. При фотосъемке изображение фокусируется на неподвижной фотопластинке или фотобумаге, при киносъемке отдельные позы спортсмена фотографируются на следующих один за другим кадрах движущейся светочувствительной пленки (киноплёнки).

Результаты фото- и киносъемки предназначаются либо для визуального изучения движений, либо для определения кинематических характеристик (перемещений, скоростей, ускорений). В первом случае результаты представляются в виде фотоснимка, кинофильма, кинокольцовки или кинограммы.

**Кинокольцовкой** называется отрезок киноленты, склеенный в кольцо с целью многократного просмотра зафиксированного изображения. Обычные размеры кинокольцовки 1–18 м.

**Кинограммой** называют отпечатанный на фотобумаге отрезок киноленты.

При фото- и киносъемках, выполняемых с измерительными целями, регистрируется циклограмма или стробофотограмма.

**Циклограммой** называется совокупность прерывистых линий, воспроизводящих траектории звеньев движущегося тела. Для регистрации циклограммы на суставах и голове спортсмена закрепляются маркеры (миниатюрные лампочки или отражатели света). Съемка ведется фото- или киноаппаратом.

**Стробофотограммой** (стробограммой) движения принято называть совмещенное изображение нескольких поз движущегося объекта. Ее обычно получают путем фотосъемки через обтюратор (стробоскоп) – вращающийся непрозрачный диск с прорезями.

Стробограмма может быть получена и посредством киносъемки. В этом случае киноплёнку кадр за кадром проецируют на лист бумаги и делают последовательные отпечатки (либо просто обводят карандашом контуры спортсмена или спортивного снаряда).

Точность регистрации положения точки в пространстве – важнейший критерий качества оптических и оптико-электронных систем, предназначенных для измерений. От ее зависит точность измерения скорости и ускорения.

Методы, основанные на фотосъемке, на порядок (примерно в 10 раз) точнее кинометодов. Это объясняется тем, что при фотосъемке все движение фиксируется на одном и том же неподвижном снимке, размер которого может достигать 180x240 мм (наибольший размер кинокадра равен 24x35 мм). Кинопленка во время съемки движется и потому может деформироваться, что приводит к искажению регистрируемого изображения.

И при фото-, и при киносъемке точность повышается, если от плоскостной съемки перейти к стереоскопической (греч. *stereos* – пространственный). Стереосъемка чаще всего ведется двумя синхронно действующими съемочными аппаратами и позволяет регистрировать движения спортсмена в трехмерном пространстве.

Обладая сравнительно низкой точностью, киносъемка имеет преимущество перед фотосъемкой, заключающееся в том, что дает возможность регистрировать быстропротекающие движения и воспроизводить их на экране с замедлением.

**Оптико-электронные методы** регистрации движения основаны на преобразовании изображения в электрический сигнал. Они делятся на **телевизионные** и **фотоэлектронные** методы. К телевизионным относятся телециклография и видеоманитофонная запись (видеозапись).

**Телециклография** (аналог фотоциклографии) характеризуется тем, что траектории движения регистрируются телевизионной камерой и воспроизводятся на телевизионном экране.

**Видеозапись** – запись изображения на магнитной ленте с целью его многократного воспроизведения на телевизионном экране. Видеозапись дает возможность тщательно и объективно анализировать спортивную технику и тактику. Приносит большую пользу не только в тренерской работе, но и в судействе соревнований, позволяя многократно воспроизвести на экране тот или иной эпизод спортивного состязания и принять окончательное решение на основании объективных данных.

**Фотоэлектронные методы** измерения основаны на фотоэффекте. Фотоэффектом называется испускание веществом электронов под действием электромагнитного излучения (светового и др.).

При помощи фотоэлектронных устройств в спорте издавна измеряется время преодоления дистанции. Сейчас фотоэффект начинают применять и для регистрации циклограмм (подобно оптическим методам).

**Фотографический процесс** – это совокупность операций, выполняемых с целью получения фотоснимка или кинофильма.

Для фотосъемки (киносъемки) фотоаппарат (киноаппарат) заряжается негативным светочувствительным материалом – фотопленкой (кинопленкой). Светочувствительный слой ее обычно состоит из бромистого серебра.

Фото- и киносъемка спортивных движений производится в естественных или специально организованных условиях тренировок и соревнований.

Для получения количественных данных, спортсмена фотографируют на фоне масштабной рейки или сетки. Съёмочную камеру направляют так, чтобы оптическая ось объектива была перпендикулярна к плоскости изучаемого движения. Различают **фронтальную, сагиттальную** (боковую) и **зенитную съемку** (съёмочная камера располагается соответственно перед спортсменом, сбоку от него или над ним).

Невысокая точность обычной фотографии и киносъемки стала причиной появления и развития фотограмметрии.

**Фотограмметрия** (от греч. *фотос* – свет, *грамма* – запись, *метрио* – измеряю) – научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением размеров, формы и положения объектов по их изображениям на фотоснимках.

Наиболее удобно видеозапись осуществлять с помощью видеоманитона.

**Видеоманитон** называется аппарат для записи на магнитофонную ленту и воспроизведения изображения и звука.

Магнитная видеозапись представляет собой сравнительно молодую и быстро развивающуюся отрасль техники. Она обладает такими же возможностями, как киносъемка, и, кроме того, имеет некоторые преимущества. Главные из них состоят в том, что видеозапись не требует времени на обработку записи, позволяет немедленно контролировать записанное изображение и легко создает такие эффекты, как замедление и остановка изображения.

Комплект аппаратуры для видеозаписи состоит из видеокамеры, собственно видеоманитона с магнитной лентой и устройства для просмотра видеозаписи (например, телевизора).

В видеокамере оптическое изображение преобразуется в электрический сигнал (видеосигнал), величина которого соответствует яркости отдельных элементов изображения. Видеосигнал, получаемый от видеокамеры, имеет ту же природу, что и электрический сигнал, получаемый от микрофона при записи звука. И в том, и в другом случае на магнитную ленту записываются электрические колебания.

Видеозапись производится с частотой 25 кадров в секунду. Изображение на телевизионном экране «рисует» электронным лучом. Он движется слева направо и сверху вниз таким образом, что в одном кадре размещается 625 горизонтальных строк.

Видеомагнитофоны бывают стационарными, портативными и портативными с возможностью только записи сигнала (воспроизведение записи осуществляется на другом, универсальном, видеомагнитофоне). Портативные видеомагнитофоны имеют, как правило, аккумуляторное питание, стационарные – питание от сети.

Видеомагнитофоны для записи цветного изображения принципиально не отличаются от видеомагнитофонов для черно-белой записи.

Видеомагнитофон – хорошее обучающее средство, поскольку позволяет спортсмену посмотреть на себя со стороны. Информация эта не является срочной, она сообщается спортсмену не в момент выполнения упражнения, а спустя некоторое время. Но видеоаппаратуру используют и с целью получения срочной информации. Для этого видеокамеру подсоединяют непосредственно к телевизору или другому устройству, предназначенному для просмотра изображения.

Выбор направления съемки и съемочного расстояния при видеозаписи спортивных движений определяется теми же соображениями, что и при плоскостной киносъемке. Но количественному анализу видеозапись не подвергают, поскольку точность его была бы невелика. Анализ видеозаписей осуществляется качественно, визуально.

**Оптико-электронные устройства**, обеспечивающие регистрацию движений, делятся на приемники света и излучатели света. Совместно действующие светоприемник и светоизлучатель образуют оптронную пару.

К оптико-электронным относят только те устройства, в которых осуществляется взаимное преобразование электрических и оптических сигналов, несущих информацию. Поэтому, например, осветительные электрические лампы к таким устройствам не относятся.



В оптико-электронных излучателях света используется свойство некоторых кристаллов светиться в электромагнитном поле. Из оптико-электронных излучателей для контроля за спортсменами применяют светоизлучающие диоды (светодиоды) и лазеры.

**Светодиод** начинает светиться, если к нему подвести напряжение от электрической батарейки. Обычно он вспыхивает периодически через равные интервалы времени, что дает возможность рассчитать по циклограмме скорости и ускорения. Светодиоды светятся так ярко, что исследования можно проводить в естественных условиях тренировки, без специального затемнения. Светодиоды диаметром около 1 мм служат датчиками координат (маркерами). Ими маркируются суставы спортсмена при циклосъемке.

**Лазером** называется источник когерентного (лат. *cohaerere* – находиться в связи) направленного излучения. Когерентность делает луч лазера узким, концентрированным, способным без заметного рассеивания передаваться на значительные расстояния. Лазеры постепенно вытесняют обычные электролампы с отражателями в оптронных парах, предназначенных для измерения скорости. Принцип измерения состоит в том, что бегущий спортсмен пересекает два или несколько лучей света, сфокусированных на приемниках светового излучения – «фотоэлементах» (например, на фотодиодах). Прерывая световые лучи, спортсмен на мгновение выключает ток, который течет в фотоэлементе под действием света; возникает электрический импульс. Лучи света параллельны друг другу и перпендикулярны к направлению бега. Поэтому для расчета скорости бега достаточно разделить расстояние между лучами на временной интервал между импульсами в фотоэлементе.

Оптико-электронные методы быстро развиваются. Они позволяют полностью автоматизировать обработку данных о технике спортсмена.

### **12.3. Характеристика механоэлектрических и телеметрических методов сбора информации о спортсмене**

Точность механоэлектрических методов измерения зависит не только от точности телеметрических, регистрирующих и вычислительных устройств, но в первую очередь от качества датчиков информации. Их чаще всего размещают на спортсмене. Поэтому к ним предъявляются особые конструктивные требования: датчик должен иметь минимальный вес и габариты и не должен стеснять движений спортсмена.

Из всего многообразия датчиков здесь рассмотрим только те, которые предназначены для регистрации биоэлектрических процессов и для измерения важнейших биомеханических характеристик (силы, ускорения, скорости, перемещения, массы и др.).

В процессе жизнедеятельности организма возникают **биоэлектрические** сигналы, называемые биопотенциалами. Отражая физико-химические следствия обмена веществ, они являются информативными показателями течения физиологических процессов.

Биопотенциалы представляют собой сложные колебания несимметричной формы. Частотный состав и амплитуда этих колебаний зависит от источника биопотенциалов. В спорте наибольшее распространение получили электрокардиография (запись биопотенциалов сердца) и электромиография (запись биопотенциалов скелетных мышц).

**Электрокардиограммой** называется кривая изменения электрических потенциалов, возникающих при возбуждении и сокращении сердечной мышцы. На точность регистрации электрокардиограммы влияет используемое отведение, т.е. размещение электродов в тех или иных точках тела.

Принятые в медицине стандартные отведения (фиксация электродов на конечностях) применяются в спорте лишь в условиях мышечного покоя. При исследованиях, проводимых во время физической нагрузки, электроды размещают на грудной клетке спортсмена.

**Электромиограммой** называется кривая изменения электрического потенциала скелетных мышц. Электромиография используется для определения степени участия различных мышц в движении, для изучения координации и уровня активности мышц. Она позволяет исследовать внутреннюю структуру двигательного акта и тем самым выявить наиболее рациональные и эффективные варианты спортивной техники.

При исследовании спортсменов чаще всего используют чашечные электроды. Они представляют собой металлические чашечки нержавеющей стали или серебра диаметром 7–15 мм. Их накладывают на мышцу по ходу волокон вдоль ее брюшка. Резиновая пластинка, на которой крепятся электроды, приклеивается к коже клеем и закрепляется сверху пластырем или резиновой манжетой.

Электромиографическое исследование может быть использовано для косвенного суждения о развиваемом усилии, степени мышечного напряжения, об уровне энерготрат. В этих случаях обычно применяют электронные интеграторы, преобразующие натуральную электромиограмму в электрический сигнал, пропорциональный ее площади.

К **биомеханическим** относятся динамические характеристики (сила, момент силы) и кинематические (положение, скорость, ускорение).

**Динамометрия** (от греч. *динамис* – сила, *метрео* – измеряю) – раздел измерительной техники, посвященный измерению сил. При измерении силы отдельных мышечных групп издавна пользуются пружинными **динамометрами**: кистевыми, становыми и т.д. Они удобны и надежны в работе, но имеют ограниченную область применения, поскольку инерционны и не позволяют проследить за характером изменения силы при быстропротекающих движениях.

Значительно перспективнее механо-электрические измерители силы с тензодатчиками. **Тензодатчики** (лат. *tension* – напрягаю) служат для преобразования в электрический ток механических напряжений, возникающих в спортивном инвентаре или специальном силоизмерительном элементе. Тензодатчик наклеивается на силоизмерительный элемент и подключается к мостовой измерительной схеме тензоусилителя.

Очень важно правильно выбрать силоизмерительный элемент (место фиксации тензодатчиков). В гребле датчики наклеивают на конус уключины или весло (между рукояткой и уключиной), на подножку и банку. В гимнастике силоизмерительным элементом служат брусья, кольца, ручки коня и т.д.

Реакцию опоры при отталкивании можно измерить при помощи тензостелек и тензоплатформ. К сожалению, из-за того, что положение стопы при отталкивании меняется, при использовании тензостелек (их вкладывают в беговые туфли) трудно, а подчас и невозможно определить направление силы реакции опоры.

Широкое распространение в спорте получили тензодинамографические платформы. Их устанавливают под покрытием беговой дорожки или дорожки разбега в секторе для прыжков, волейбольной или баскетбольной площадки. При помощи тензодинамографических платформ измеряют вертикальную и горизонтальную составляющие опорной реакции.

Перед началом измерений динамометрическую установку необходимо оттарировать. Процесс тарировки состоит в том, что к силоизмерительному элементу прикладывают одно за другим разные усилия (от нуля до максимума) и регистрируют электрические сигналы, соответствующие разным значениям силы. Тарировка дает возможность при анализе тензометрических записей отсчитывать результат измерения непосредственно в единицах силы – ньютонах (Н).

Наряду с тензосопротивлениями для измерения сил используются как пьезоэлектрические, так и пьезокристаллические датчики. **Пьезоэлектрический эффект** состоит в появлении электрических зарядов на поверхности некоторых материалов (например, кристаллов кварца) при их деформации. Чем больше воздействующая на пьезодатчик сила, тем больше генерируемый им электрический сигнал. Недостатком пьезодатчиков является их хрупкость. Они легко приходят в негодность при сильном ударе по силоизмерительному элементу.

**Акселерометрия** (лат. *accelero*– ускоряю) – раздел измерительной техники, направленный на измерение ускорений.

Наибольшее распространение в спорте получили датчики ускорения, использующие тензо- и пьезоэффект. И в том, и в другом случае измеряется сила инерции, возникающая при ускорении или торможении движущегося тела. Тензосопротивления или пьезокристаллические (керамические) пластинки наклеиваются на упругий элемент. Ускорения вызывают его деформацию и изменение электрического потенциала на пьезодатчике или сопротивления тензодатчика.

Понятно, что один упругий элемент способен воспринимать ускорение лишь в одной плоскости. Для регистрации полного вектора ускорения (в трех плоскостях) в одной конструкции монтируют три одинаковых датчика и ориентируют их перпендикулярно друг к другу, подобно осям декартовых координат.

Тензометрические датчики ускорения прочнее пьезодатчиков, однако, они более инерционны и громоздки. Тарировка датчиков ускорения осуществляется на вибростенде – устройстве, создающем дозированные ускорения.

Существуют методы измерения, которые непосредственно предназначены для измерения скорости.

Отличается простотой **спидограф** В.М. Абалакова. Тонкая нить этого прибора прикрепляется к спортсмену. Во время бега тянет за собой нить и разматывает специальную катушку, скорость вращения которой измеряется.

Способ **спидометрии**, основанный на **эффекте Доплера**, позволяет дистанционно и бесконтактно измерять скорость на прямых отрезках дистанции. Датчиком в этом случае служит излучатель ультразвуковых или электромагнитных колебаний, направляемых на бегущего спортсмена вдоль беговой дорожки.

**Гониометрией** (греч. *гониа* – угол) называют методы измерения угловых перемещений (суставных перемещений или угловых перемещений спортивного инвентаря, например, весла в академической гребле).

Для этой цели чаще всего используется способ **электрогониометрии**: величины угловых перемещений преобразуются в пропорциональное электрическое напряжение. Из датчиков гониограммы наибольшее распространение получил **потенциметрический датчик**. Основным элементом его является переменное сопротивление (потенциометр), ось которого соединена с одной ветвью гониометра, а корпус – с другой. Ветви гониометра размещаются параллельно костям исследуемой кинематической пары, причем ось потенциометра должна совпадать с осью сустава. При изменении суставного угла меняется снимаемое с потенциометра электрическое напряжение. Тарировка гониометрической установки позволяет отсчитывать получаемые значения суставных углов непосредственно в градусах.

**Стабилография** – регистрация колебаний тела в положении стоя. Во многих видах спорта способность сохранять равновесие является важным фактором спортивного мастерства. Кривая изменения проекции координат центра масс тела на горизонтальную плоскость называется **стабилограммой**.

Стабилография используется в тренажерах, предназначенных для разучивания упражнений на равновесие. Наряду с этим она позволяет проводить тестирование состояния нервной системы спортсмена, а в ряде случаев – фиксировать факт приема алкоголя и других возбуждающих средств.

**Телеметрические системы** (греч. *теле* – далеко) служат для передачи информации от датчиков на регистрирующее устройство. Известно много разновидностей телеметрических систем; они отличаются друг от друга прежде всего физической природой переносчика информации. В **проводной телеметрии** эту роль выполняет поток электронов, в **радиотелеметрии** – радиоволны, в **гидротелеметрии** – ультразвуковые колебания, распространяющиеся в воде.

Электрокардиограмму, гониограмму, динамограмму, электромиограмму и другие показатели жизнедеятельности организма спортсмена легче всего записать по проводам. Достоинство проводной телеметрии состоит в ее простоте и высокой помехоустойчивости. Основной недостаток –

ограниченная подвижность спортсмена, трудность использования проводных

телеметрических систем в борьбе, боксе, спортивных играх и других видах спорта, где спортсмен много и активно перемещается.

**Радиотелеметрия** является отраслью радиотехники, разрабатывающей методы автоматической передачи по радио информации о результатах измерений. Применение радиотелеметрии в спорте позволяет исследовать спортсменов в естественных условиях тренировок и соревнований, при свободном перемещении по стадиону или спортивной площадке.

Существуют две основные формы автоматической записи результатов измерения: **аналоговая** (непрерывная) в виде графика и **цифровая** в виде цифр на ленте цифropечатающего устройства либо в виде комбинаций отверстий, пробиваемых на перфокарте или перфоленте.

Наиболее просто аналоговая регистрация осуществляется **перьевыми самописцами** с чернильной и тепловой записью. Носителем записи служит протягиваемая с постоянной скоростью бумажная лента с нанесенной на ней масштабной сеткой. Регистрируемый электрический сигнал преобразуется в отклонения пера, перпендикулярного к движению бумаги.

**Тепловая запись** ведется нагретым стальным пером на специальной двухслойной бумаге. Верхний слой – светлого тона – покрыт масштабной сеткой. Он изготовлен из материала, который легко плавится при прикосновении нагретого пера, обнажив темный нижний слой. В результате на движущейся термочувствительной бумаге остается темная линия, повторяющая все колебания пера.

Перьевые самописцы инерционны, их можно использовать для регистрации сигналов с частотой до 100 Гц. Самописцы со **струйной записью** позволяют без искажения записывать процессы, частотный спектр которых превышает 100 Гц.

Свои преимущества и недостатки имеют и получившие очень широкое распространение **самописцы с фотозаписью**, или «шлейфные» осциллографы.

Попытки усовершенствовать технику фотозаписи привели к созданию бумаги, чувствительной к ультрафиолетовым лучам и не реагирующей на лучи видимой части спектра. В момент облучения ультрафиолетовым лучом такая бумага чернеет и не требует последующей фотохимической обработ-

ки. Предельное быстродействие **самописцев с ультрафиолетовой записью** – 1000 Гц.

Существенно повысить точность регистрации позволяет замена аналоговых регистрирующих устройств цифровыми. При цифровой записи регистрирующее устройство практически не вносит ошибки в результат измерения. Но такое повышение точности достигается ценой значительного усложнения и удорожания регистрирующей аппаратуры.

Из цифровых самописцев наиболее распространены цифропечатающие устройства и перфораторы. **Цифропечатающее устройство** является разновидностью пишущей машинки с электрическим управлением, позволяющим печатать несколько тысяч знаков в секунду.

**Перфораторы** предназначены для записи информации путем пробивания отверстий (перфораций) на перфокартах и перфолентах.

Восприятие получаемой информации зрительно или на слух называется **индикацией**. Приборы, делающие такое восприятие возможным, называются **индикаторами** («показывающими» приборами). Индикаторы делятся на стрелочные и цифровые.

**Стрелочный индикатор** состоит из измерительной шкалы, подвижного указателя результата (стрелки) и механизма, управляющего положением стрелки.

**Цифровые индикаторы** несут информацию о результате измерений в наиболее удобной форме – в виде цифр. Особую пользу эти индикаторы приносят там, где необходимы высокая точность измерения и быстрота считывания результата. Специальные исследования показывают, что при использовании цифрового индикатора человек делает в 20–60 раз меньше ошибок, чем при считывании показаний стрелочного прибора.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Какие элементы входят в систему измерительной аппаратуры, применяемой в спорте?
2. Что такое датчик?
3. Назовите два способа передачи сигналов с датчика на регистрирующее устройство.
4. Какие методы регистрации движения относятся к оптическим?
5. Что такое кинокольцовка и кинограмма?

6. Что такое телециклография?
7. На чем основан оптико-электронный метод регистрации движений?
8. Что такое циклограмма?
9. В соответствии с расположением съемочной камеры перед спортсменом различают съемку: фронтальную, ..., ... (*дополните*).
10. Что такое фотограмметрия?
11. Какую функцию фотограмметрический метод выполняет в спорте?
12. Какими преимуществами обладает магнитная видеозапись перед киносъемкой?
13. Назовите комплекс аппаратуры, обеспечивающей магнитофонную видеозапись.
14. С какой частотой производится видеозапись?
15. С каких элементов состоят оптико-электронные устройства, обеспечивающие регистрацию движений?
16. Какие типы излучателей оптико-электронных устройств применяют для контроля за спортсменами?
17. Какие способы записи биопотенциалов получили распространение в спорте?
18. Электромиография – это ...(*продолжите*).
19. Что такое динамометрия?
20. Для чего служат тензодатчики?
21. Что такое тарировка динамометрической установки?
22. Что такое акселерометрия?
23. Назовите методы, которые непосредственно предназначены для измерения скорости.
24. Опишите принцип работы спидографа В.М. Абалакова.
25. Для каких целей используют гониометрический способ измерения?
26. Что позволяет измерить метод стабиллографии?
27. Для чего служат телеметрические системы?
28. Чем отличаются разновидности телеметрических систем?
29. Что ограничивает возможность применения проводной телеметрии в спорте?
30. Назовите две основные формы автоматической записи результатов измерений.



УЭ 13–14

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ  
ЗА ТЕХНИЧЕСКОЙ И ТАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬЮ  
СПОРТСМЕНОВ**

1. Необходимость комплексного контроля в подготовленности спортсменов.
2. Контроль за технической подготовленностью.
3. Контроль за объемом техники.
4. Контроль за разносторонностью техники.
5. Контроль за эффективностью техники.
6. Контроль за освоенностью техники.
7. Контроль за спортивной тактикой.

**13.1. Необходимость комплексного контроля  
в подготовленности спортсменов**

Обоснованность содержания программ и планов учебно-тренировочной работы в значительной степени зависит от полноты и верности информации, использованной при их подготовке, которую собирают в процессе комплексного контроля специалисты разного профиля (педагоги, врачи, биомеханики, биохимики и др.). **Комплексный контроль** – всесторонняя проверка уровня подготовленности спортсмена (физкультурника), проводимая во время этапных или углубленных обследований, регистрация показателей физического и психического состояния, уровня технико-тактического мастерства, особенностей соревновательной деятельности.

Число измеряемых показателей может быть значительным (сто и более). С одной стороны, такую ситуацию нужно расценивать как благоприятную: наличие большого числа тестов повышает объем, достоверность и надежность информации о спортсмене. С другой, это связано с длительным, трудоемким тестированием и значительными сложностями при анализе полученных результатов. В спортивной практике, когда обследуются десятки спортсменов, эти трудности преодолимы, но при обследовании сотен тысяч и миллионов людей, наличие большого числа разнохарактерных тестов, становится непреодолимым препятствием. В связи с этим программа комплексного контроля должна составляться с учетом необходимости всесторонней оценки подготовленности человека и наличия такого минимума тестов, который позволил бы получить достаточно точную информацию.

Выбор показателей комплексного контроля зависит от цели тестирования, определяющей выбор критериев, с помощью которых проверяется надежность и информативность батареи тестов. В спортивной практике (особенно для высококвалифицированных спортсменов) в качестве критериев используют результаты соревнований, а также показатели, характеризующие особенности соревновательной деятельности в конкретном виде спорта. Поэтому программы комплексного контроля в разных видах спорта неодинаковы. Таким образом, специфика соревновательной деятельности накладывает ограничение на число и содержание показателей, которые должны характеризовать подготовленность спортсменов.

Создание программы комплексного контроля включает в себя следующие этапы: 1) логический анализ соревновательной деятельности с выявлением факторов, обуславливающих ее эффективность; 2) подбор тестов, позволяющих оценить эти факторы; 3) разработку методики тестирования; 4) контрольное тестирование; 5) математико-статистический анализ результатов тестирования с выявлением надежных и информативных тестов; 6) составление батареи тестов с разработкой нормативов по каждому из них.

В батарею тестов комплексного контроля подготовленности спортсменов должны входить информативные показатели состояния здоровья, степени развития волевых и двигательных качеств, технико-тактического мастерства (таблица 8).

Таблица 8. – Примерные показатели комплексного контроля

Сторона подготовленности, подлежащая контролю	Возможные показатели
Здоровье	Результаты медицинских обследований, подверженность простудным заболеваниям, самочувствие
Телосложение	Длина и масса тела; относительные массы мышечного, жирового и костного компонентов; длины, объемы и массы сегментов тела
Двигательные качества	Время реакции; быстрота стартового разгона; время достижения максимальных значений силы и скорости; предельное время работы заданной интенсивности; подвижность в суставах
Техническое мастерство	Объем разносторонность, рациональность, эффективность, стабильность и устойчивость техники
Тактическое мастерство	Объем разносторонность и рациональность тактических действий
Волевые качества	Различия в спортивных результатах, показанных на соревнованиях с большой и малой ответственностью или в опасных и неопасных условиях

Результаты комплексного контроля оцениваются либо с помощью выведения итоговой оценки (простой или взвешенной), либо на основе метода профилей (см. УЭ 8.4).

### 13.2. Контроль за технической подготовленностью

Контроль за технической подготовленностью (техническим мастерством) (ТМ) включает оценивание того, что умеет делать спортсмен и как он выполняет освоенные движения (рисунок 22).

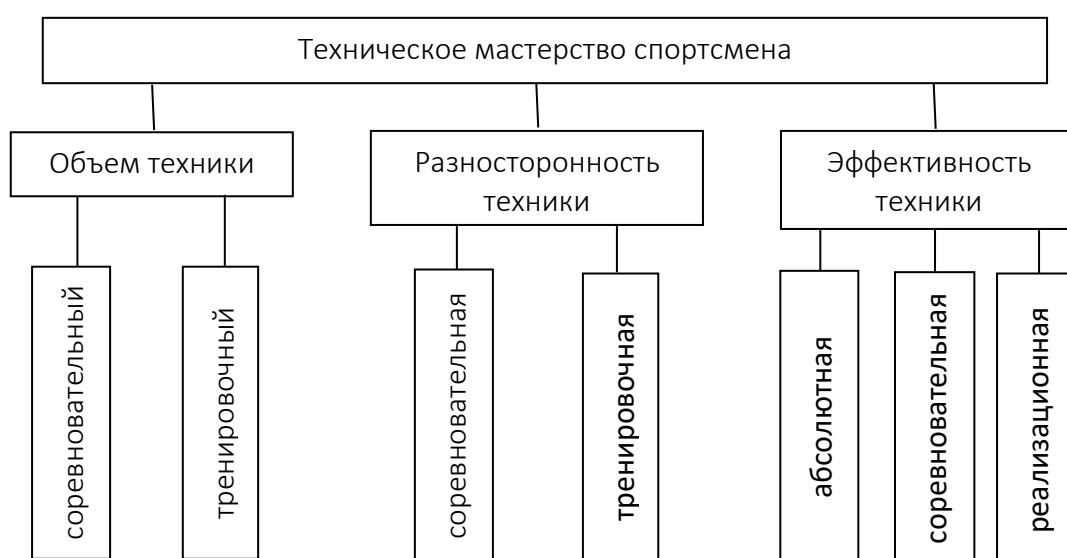


Рисунок 22. – Показатели технического мастерства спортсменов

Использование приведенной схемы предполагает, что выполняются рациональные с точки зрения техники движения. Показатели технического мастерства должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к тестам (наличие цели, стандартизация измерений, надежность, информативность, система оценок и т.п.).

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

Первый – наиболее распространенный метод, а в спортивных играх, единоборствах, гимнастике, фигурном катании на коньках и некоторых других видах спорта один из основных. Как начальный этап экспертного оценивания, он должен проводиться в соответствии с требованиями, изложенными в УЭ-9. Только таким образом можно получить достоверную информацию о ТМ спортсмена.

Необходимо уделить самое пристальное внимание программе наблюдений и обучению наблюдателей.

Оценивая эффективность ТМ конкретного спортсмена, например, по числу ошибок, допущенных им при выполнении игровых действий, нужно учитывать степень взаимопонимания игроков. Предположим, что игрок А делает точную и тактически обоснованную диагональную передачу на ход игроку Б. Последний, неверно понимая позицию, поздно начинает движение и не успевает к мячу. В этом случае ошибка записывается спортсмену Б, вследствие чего его индивидуальный коэффициент ТМ уменьшается.

В игровых видах спорта и единоборствах возможности оценки ТМ с помощью специальных тестов показатели, измеренные в процессе тестирования (например, определение точности и дальности передач, точности ударов в ворота), ограничены и, как правило, неинформативны. Поэтому по результатам таких тестов нельзя предсказывать эффективность соревновательной деятельности. Однако тесты ТМ все же полезны. Они позволяют определить уровень ТМ в условиях, когда нет сбивающего влияния соревновательных факторов. Сравнивая результаты такого тестирования с показателями в соревнованиях, тренер может определить слабые стороны спортсмена, наметить пути их усиления.

**Визуальный контроль** за ТМ проводится двумя способами: в ходе непосредственных наблюдений за действиями спортсмена и с помощью видеоманитофонной 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 изменения в динамике;
- 3) использовать стоп-кадр, а также замедленно показывать действия, что повышает достоверность их анализа;
- 4) устранить влияние соревновательной обстановки на процесс наблюдения.

**Инструментальный контроль** ТМ предназначен для измерения биомеханических характеристик техники. Регистрации подлежат время, скорость и ускорение в целом или отдельные их фазы, усилия, развиваемые при выполнении движений, положение тела или его сегментов. Зарегистрированные показатели подвергаются анализу, (графоаналитическому, математико-статистическому и т.п.), результаты которого используются как критерии эффективности спортивной техники.

### 13.3. Контроль за объемом техники

**Объем техники** определяется общим числом действий, которые выполняет спортсмен на тренировочных занятиях и соревнованиях. Информативность показателей объема техники в некоторых видах спорта представлена в таблице 9.

Таблица 9. – Информативность показателей объема техники

Показатель	Критерий	Информативность
Число элементов, выполняемых гимнастом на снарядах	Квалификация гимнаста	Высокая
Число приемов, выполняемых борцами	Уровень физической подготовленности	Высокая
Число технических действий, выполняемых футболистами команды в игре	Результат игры	Низкая

**Соревновательный объем** техники вариативен и зависит от квалификации соперника, тактики поединка и т.п. Например, оптимальный объем игровых действий, выполняемых игроками футбольной команды высшей лиги, – 600–800, а игроками сборной команды по футболу – 800–900. В играх со слабыми соперниками объем игровых действий может превышать 1000, с сильными – не достигать и 500.

В видах спорта циклического характера (беге, плавании, гребле) соревновательный объем техники представлен одним, многократно повторяемым, движением (шагом, гребком).

**Тренировочный объем** техники спортсмена свидетельствует о потенциальных возможностях, а отношение соревновательного объема к тренировочному – о реализации этих возможностей.

### 13.4. Контроль за разносторонностью техники

**Разносторонность технической подготовленности** спортсмена определяется степенью разнообразия двигательных действий, которыми владеет спортсмен. Тренировочная разносторонность, как правило, выше соревновательной. Это связано с тем, что в ответственных встречах с равными по классу соперниками спортсмен использует ограниченное число (иногда один – два) технических приемов.

В спортивных играх информативным показателем является соотношение частоты использования разных игровых приемов, например, отношение числа передач к числу ударов по воротам в футболе.

Частным случаем разносторонности техники является соотношение приемов, выполняемых в правую и левую сторону. Выбор одной из сторон при выполнении асимметричных движений (например, поворотов в прыжках или плавании, приемов в борьбе) называется **латеральным предпочтением**. Коэффициент латерального предпочтения равен отношению

$$\frac{\text{число приемов, выполняемых в доминантную («любимую») сторону}}{\text{общее число выполняемых приемов}}$$

У некоторых борцов высокого класса в идеальных случаях этот коэффициент достигает 60%.

**Надежность** (воспроизводимость) показателей разносторонности техники в целом невелика, но для основных приемов у выдающихся спортсменов может быть значительной.

**Согласованность** показателей разносторонности зависит от методики оценивания и умелости эксперта. Например, согласованность оценки объема и разносторонности технических действий, выполняемых футболистами на малой, средней и максимальной скорости, почти всегда оказывается очень низкой вследствие того, что эксперты одну и ту же скорость визуально классифицируют по-разному.

Один из примеров информативности показателей разносторонности техники представлен в таблице 10.

Таблица 10. – Информативность показателей разносторонности техники

Показатель	Критерий	Информативность
Разносторонность атакующих и защитных действий боксеров (мастера спорта и спортсмены I разряда)	а) эффективность технического мастерства;	0,36 (низкая)
	б) уровень развития скоростно-силовых качеств;	0,25 (низкая)
	в) уровень развития ловкости	0,70 (средняя)

### 13.5. Контроль за эффективностью техники

**Эффективность** техники спортивного движения определяется по степени ее близости к индивидуально-оптимальному варианту.

Различают три группы показателей эффективности техники: абсолютную, сравнительную и реализационную.

Наиболее эффективной должна быть признана такая техника движения, которая обеспечивает достижение наивысшего результата. Однако он зависит от многих факторов, в т.ч. мотивации, уровня физической и тактической подготовленности и т.п. Поэтому использование спортивного результата в качестве критерия эффективности техники ограничено. Чаще всего для этого сопоставляют технику исследуемого движения либо с биомеханическим эталоном, либо с техникой выдающегося спортсмена.

Для определения абсолютной эффективности техники значения показателей техники исследуемого движения сопоставляются с эталонными, выбранными на основе биомеханических, физиологических, психологических и эстетических соображений.

Например, установлено, что рациональной считается такая техника гребка в академической гребле, когда временной интервал между усилиями на подножке и весле минимален (рисунок 23). У спортсменов высокой квалификации этот интервал именно такой, у спортсменов низкой и средней квалификации длительность временного интервала значительно больше.

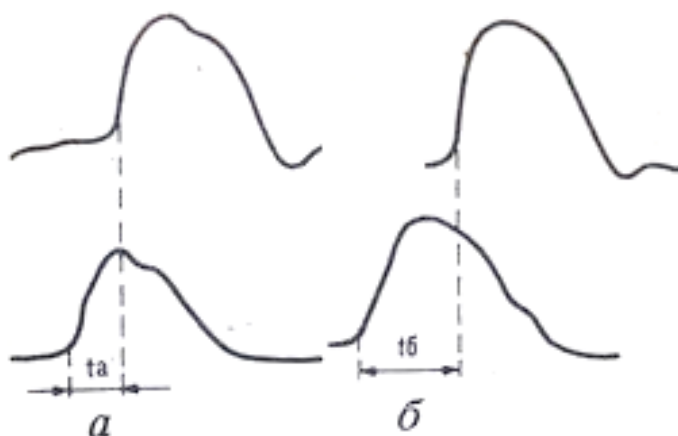


Рисунок 22. – Соотношение между временными интервалами динамограмм у гребцов высокой (а) и низкой (б) квалификации

При анализе абсолютной эффективности техники игровых действий рекомендуется использовать так называемый **приоритетный подход**. Суть его заключается в выявлении роли различных факторов, обуславливающих конечный результат выполняемого действия. Например, установлено, какими должны быть биомеханически эффективные удары по мячу в футболе, теннисе, волейболе и т.п. Если техника удара, выполняемого спортсменом, близка к биомеханически рациональной, то она может рассматриваться как наиболее эффективная.

Определение сравнительной эффективности техники предусматривает сопоставление оцениваемой техники движения с техникой спортсменов высокой квалификации. Чаще всего в качестве образца используют усредненную технику спортсменов высокой квалификации.

Процедура сравнения в этом случае направлена на поиск **дискриминативных** показателей техники (т.е. таких значений, которые у спортсменов разной квалификации неодинаковы). Для этого регистрируют кинематические и динамические характеристики техники упражнения, а потом проводят сравнительный анализ (таблица 11).

Таблица 11. – Сравнительная эффективность техники разбега у прыгунов в высоту

Квалификация спортсменов	Скорость пробегания (м/с)		Разница	Коэффициент эффективности
	первых 7 м	последних 3 м		
Мастер спорта	5,9	7,2	1,3	1,00
I разряд	5,3	6,1	0,8	0,61
II разряд	5,1	5,9	0,8	0,61
III разряд	4,9	5,2	0,3	0,23
Новичок	4,5	4,7	0,2	0,15

Из таблицы видно, что численные значения коэффициента эффективности техники разбега для прыгунов различной квалификации условны. Например, если в качестве образца выбрана техника мастеров спорта, то коэффициент эффективности техники прыгунов III разряда составляет 0,23; спортсменов I разряда – то этот коэффициент повысится до 0,38.

Специфика определения сравнительной эффективности техники, например, в игровых видах спорта и единоборствах заключается в том, что эталонные значения достаточно вариативны. Поэтому сравнивать нужно результаты, полученные в серии игр, сопоставляя средние арифметические и стандартные отклонения. Нельзя в единоборствах и игровых видах спорта сопоставлять технику спортсменов, выступающих в соревнованиях разного квалификационного уровня, в разных лигах и т.п. Когда команды второй лиги играют между собой, эффективность игровых действий может быть достаточно большой. Если же такая команда встретится с командой высшей лиги, то показатели эффективности техники ее игры резко снизятся.

Различают три **разновидности оценки эффективности ТМ**:

1) **интегральную** – оценивается эффективность техники упражнения в целом. Примером может быть оценка реализационной эффективности



техники, когда можно оценить, что техника какого-либо спортсмена несовершенна, но в чем конкретно заключается ошибка, остается неясным.

Предположим, два спортсмена толкнули с места ядро на 21 м; результат первого в метании копья 56 м, а второго – 64 м. Поскольку двигательный потенциал обоих спортсменов одинаков, можно сделать заключение, что техника у первого спортсмена «плохая», а у второго «хорошая». Второй спортсмен лучше реализует свои потенциальные двигательные возможности;

2) **дифференциальную**, связанную с оценкой некоторых элементов соревновательного или тренировочного упражнения;

3) **дифференциально-суммарную** – после определения эффективности техники каждого из элементов оценки суммируются и выводится общая оценка ТМ спортсмена.

Наиболее распространенной в настоящее время является дифференциальная оценка, процедура выведения которой включает в себя следующие этапы: 1) на основании биомеханического анализа выделяются ведущие элементы техники спортивного упражнения; 2) рассчитываются коэффициенты корреляции между результатом спортивного упражнения и количественными значениями элементов. Элементы, значения которых наиболее тесно коррелируют с результатом спортивного упражнения, рассматриваются как информативные; 3) определяется эффективность техники выполнения информативных элементов.

При использовании дифференциально-суммарной оценки добавляется четвертый этап: определяется значимость («вес») каждого элемента и выводится итоговая оценка.

### 13.6. Контроль за освоенностью техники

Совершенствование ТМ осуществляется поэтапно. На каждом этапе необходимо контролировать **освоенность техники** движений. Наиболее употребительны для этой цели следующие критерии: результат упражнения и его биомеханические характеристики.

Первый критерий обладает наибольшей информативностью. Но поскольку он зависит от ряда факторов, определить освоенность техники упражнения только по результату трудно. Для этого необходимо оценивать и биомеханические характеристики упражнения.

Выделяют два основных направления в контроле за освоенностью движений: определение **стабильности** техники и оценку ее **устойчивости**.

В первом случае движение выполняется в стандартных условиях (чаще всего в процессе прикидок, контрольных соревнований, проводимых на тренировочных занятиях), когда влияние сбивающих факторов (устомления, эмоций и т.п.) на результат выступления незначительное. Стабильность (малая вариативность) результатов и основных биомеханических характеристик при выполнении движений в относительно комфортных условиях будет свидетельствовать об их освоенности.

В практике спорта, однако, нередки случаи, когда хорошо освоенные движения разлаживаются, т.е. когда техника неустойчива. Устойчивость техники освоенного движения определяется степенью снижения ее эффективности при эмоциональном возбуждении на ответственных соревнованиях, утомлении спортсмена, активном противодействии соперника, изменении внешних условий.

Наиболее важным является контроль за **устойчивостью техники** на соревнованиях. За эталон в этом случае принимаются показатели стабильности техники, т.е. результат упражнения и значения биомеханических характеристик, зарегистрированных при выполнении движения в комфортных условиях. Например, у прыгуна в высоту результаты контрольных соревнований составляют 216–218 см, максимальная скорость разбега – 7,40 м/с, скорость последнего шага разбега – 7,2 м/с.

В ответственных соревнованиях его результаты колеблются от 210 до 214 см, максимальная скорость составляет 7,30 м/с, а скорость последнего шага разбега не превышает 6,90 м/с. Сравнение данных показывает, что техника прыжка у этого спортсмена неустойчивая, а основная причина – изменение ее биомеханических показателей.

Контроль за **устойчивостью техники в связи с утомлением** проводится как на соревнованиях, так и на тренировочных занятиях. Для этого измеряют биомеханические характеристики движений в начале и в конце упражнения (например, на 30–50-м и 780–800-м метрах в беге на 800 м), показатели эффективности техники в начале и в конце игры, поединка (например, эффективность техники отбора мяча в первые и последние 15 минут игры в футбол и др.).

Оценка устойчивости техники на соревнованиях позволяет определить причины ее снижения и наметить меры их устранения (например, повысить частный объем специализированных нагрузок с направленностью на развитие скоростной выносливости, провести психопрофилактические мероприятия).

Важным является контроль за **устойчивостью техники в процессе тренировочных занятий**. Рассмотрим следующий пример. Спортсмен (бегун, пловец, велосипедист, теннисист и т.д.) выполняет на занятии двигательные задания (повторный бег, плавание, удары и т.д.). Если периодически в ходе занятия регистрировать биомеханические характеристики движений, то получится следующая картина: вначале значения этих характеристик относительно стабильны; затем с какого-то момента (его наступление определяется уровнем развития специальной выносливости) разброс значений увеличивается, оставаясь по-прежнему в пределах допустимого; последующее выполнение упражнений приводит к ошибкам в движениях, что объективно характеризуется большим разбросом и неупорядоченностью значений биомеханических характеристик движений. Умение определить в процессе контроля этот момент имеет большое значение, т.к. повторение упражнений в такой ситуации приведет не к совершенствованию техники движений, а к закреплению ошибок.

Определяя освоенность движений, необходимо учитывать условия их выполнения. Например, опорные реакции бега по разным покрытиям (гаревому, тартану, арману, рекортану, спортану и т.п.) существенно различаются. Поэтому если один раз спринтер бежит по тартану, а другой раз по спортану, то различия в технике бега свидетельствуют не о недостаточной освоенности упражнения, а о влиянии типа покрытия на биомеханику движений.

### 13.7. Контроль за спортивной тактикой

**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**.

В каждом виде спорта имеются определенные тактические ходы и тактические варианты. Например, в футболе к тактическим ходам (технико-тактическим действиям) относятся короткие, средние и длинные (продольные и поперечные) передачи, ведение, обводка, удары по мячу, перемещение без мяча и т.д.

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**.

В видах спорта циклического характера основным критерием оптимальности является либо экономичность (стайерские виды), либо быстрота передвижения (спринт). Соревновательную композицию в фигурном катании на коньках и других технико-эстетических видах спорта стремятся сделать как можно более привлекательной в эстетическом отношении и вместе с тем как можно менее энергоемкой.

Выделяют пять групп количественных показателей тактического мастерства. 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 варианты, которые используются в условиях соревнований. Как правило, соревновательный объем тактики меньше общего объема.

**Разносторонность тактики** свидетельствует о том, насколько разнообразен тактический арсенал спортсмена или команды. Например, одна из многочисленных классификаций тактических ходов делит их на монотонные, «неожиданные», дезинформирующие и страховочные. **Монотонным** называю тактический ход, лишенный элемента неожиданности и потому не оказывающий решающего влияния на результат состязания. **Неожиданные**, порой рискованные тактические ходы (перехваты мяча, длинные передачи, единоборства) называются острыми или контрастными. **Дезинформирующий** («ложный») тактический ход служит для маскировки истинных намерений (например, «ложное предложение», когда футболист делает рывок без мяча, отвлекая внимание соперников от истинного направления атаки).

**Страховочный ход** применяется для предотвращения возможной атаки или контратаки соперника.

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.

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

Поиск рациональной тактики заключается в том, что оцениваемый тактический вариант часто сравнивают с наилучшим вариантом тактики. В роли такого наилучшего варианта могут выступать:

- индивидуально-оптимальная тактика, найденная экспериментально, методом «проб и ошибок»;
- тактика спортсмена или команды более высокого класса, например, тактика чемпиона;
- оптимальная тактика, найденная путем ее моделирования.

Недостаток в первом случае связан с тем, что тактика зачастую представляет собой неудобный объект для экспериментирования. Ведь нельзя же, действительно, повторять раз за разом один и тот же спортивный поединок! Во втором случае также есть недостаток: тактика одного спортсмена (или команды) может совершенно не подходить другим. Поэтому более перспективны способы отыскания рационального варианта, в основе которых лежит моделирование тактики (особенно имитационное моделирование на ЭВМ).

**Имитационным моделированием** называется создание модели (аналог реальной системы – мысленный или математический) реальной системы и экспериментирование с этой моделью с целью понять закономерности поведения системы либо оценить эффективность различных вариантов ее поведения.

Имитационные модели отличаются двумя особенностями:

- возможностью многократно воспроизводить моделируемые процессы (например, лыжную гонку) на ЭВМ и путем такого машинного эксперимента решать задачи оптимизации;
- возможностью использовать как математические уравнения и неравенства, так и качественные, логические соотношения.

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. **Результативность** (успешность) того или иного тактического варианта определяется как процент случаев успешного применения данного варианта.

Недостаток этого способа состоит в невозможности управлять ходом спортивного поединка. Не ясно, например, после скольких неудач применение тактического хода или тактического варианта следует прекратить ввиду нецелесообразности.

Используют и инструментальные методы контроля за тактическим мастерством. Однако методы немногочисленны. В спортивных играх и единоборствах они предназначены и для стенографирования соревновательной деятельности, и для тестирования тактического мышления спортсменов.

Стенографирование соревновательной деятельности облегчается и становится более надежным и объективным, если применять специальные механические приспособления, напоминающие пишущую машинку. Каждой клавише такого приспособления соответствует определенный значок стенограммы. Приспособление снабжено счетчиками, подсчитывающими суммарное число нажатий на каждую из клавиш.

Устройства для тестирования тактического мышления состоят из диапроектора с экраном, вычислительного блока и клавишного манипулятора. Спортсмену демонстрируют на экране ряд диапозитивов, отснятых в различные моменты игры. Он должен как можно быстрее решить, кто из игроков его команды находится в данный момент в наиболее выгодном положении, и сообщить о своем решении нажатием соответствующей клавиши. Электронный вычислитель автоматически подсчитывает суммарное время, затраченное на принятие решения, и число ошибок. Правильность или ошибочность решений определяется путем сравнения их с решениями, полученными заранее методом экспертизы.

В видах спорта циклического характера используются автоматические устройства для измерения скорости передвижения спортсмена по дистанции, а также тренажеры, имитирующие условия соревнований (велоэргометр, гребной бассейн, третбан, гидродинамический бассейн).

Использование инструментальных методов значительно повышает надежность регистрации показателей тактической подготовленности и резко уменьшает трудоемкость контроля.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Что такое комплексный контроль за подготовленностью спортсмена?
2. Зависит ли программа комплексного контроля от вида спорта или она единая для всех видов?
3. Какие стороны подготовленности спортсмена подлежат комплексному контролю?
4. В чем заключается контроль за технической подготовленностью?
5. Опишите основные методы контроля за технической подготовленностью.
6. Что такое объем техники?
7. От чего зависит соревновательный объем техники?
8. Что показывает тренировочный объем техники?
9. Что включает контроль за разносторонностью технической подготовленности спортсмена?
10. Какими показателями характеризуется разносторонность техники спортсмена?
11. Какими показателями определяется эффективность техники?
12. Допишите предложение.  
*Приняты три группы показателей эффективности техники: абсолютная, сравнительная и ...?*
13. Что определяют данные показатели?
14. О чем свидетельствуют интегральные, дифференциальные и дифференциально-суммарные оценки эффективности техники?
15. В чем заключается контроль за освоенностью техники?
16. По каким критериям осуществляется контроль за освоенностью техники?
17. Допишите предложение.  
*Выделяют два основных направления в контроле за освоенностью движений: определение стабильности техники и ... .*
18. Каким образом определяется устойчивость техники?
19. Чем отличается процесс контроля за устойчивостью техники на соревнованиях от тренировочных занятий?

20. Что такое спортивная тактика?
21. Перечислите пять групп показателей тактического мастерства.
22. Каким образом осуществляется поиск рациональной тактики?
23. Какие методы инструментального контроля за тактическим мастерством спортсмена Вы можете назвать?

## УЭ 15

### МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНТРОЛЯ ЗА ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬЮ СПОРТСМЕНОВ

1. Общие требования к контролю за физической подготовленностью спортсменов.
2. Контроль за скоростными качествами.
3. Контроль за силовыми качествами.
4. Контроль за развитием выносливости.
5. Контроль за гибкостью и ловкостью.

#### 15.1. Общие требования к контролю за физической подготовленностью спортсменов

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 спортсмена);
- 2) оценка уровня развития какого-либо одного качества (например, выносливости);
- 3) оценка уровня развития одной из форм проявления двигательного качества (например, уровня скоростной выносливости).

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 следует уделять созданию такого психического настроя, который бы позволил полностью выявить истинные возможности каждого спортсмена. Этого можно добиться, приблизив условия тестирования к соревновательным, в которых обычно демонстрируются наивысшие результаты.

## 15.2. Контроль за скоростными качествами

Скоростные качества спортсменов проявляются в способности исполнять движения в минимальный промежуток времени. Принято выделять **элементарные и комплексные формы проявления скоростных качеств**.

Элементарные формы включают в себя: время реакции, время одиночного движения; частоту (темп) локальных движений.

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

Время выполнения любого упражнения обычно складывается из двух переменных: **времени реакции (ВР)** к **времени движения (ВД)**. Например, результат в беге на 100 м, 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)**.

В соревновательных условиях способ измерения ВР обусловлен 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 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 с помощью специальных слайдов.

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.

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.

Исключением являются те виды спорта, результат которых в значительной степени обусловлен стабильностью ВР. Например, коэффициент корреляции между успехом в гонках на мотоцикле (по гаревой дорожке или льду) и стабильностью ВР составляет 0,90–0,97.

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. Она может быть сравнительно высокой, если:

- ВР является существенным элементом соревновательного действия;
- удельный вес ВР в общем времени движения достаточно велик;
- способ реагирования в тесте близок к реагированию в соревновательных условиях.

**Контроль за быстротой движений** осуществляется двумя способами: ручным (с помощью пружинного секундомера) и автоматическим (с помощью электромеханических спидографов, фотоэлектронных устройств, приборов, основанных на эффекте Доплера, лазеров и т.п.).

Регистрация времени пружинным секундомером наиболее проста, но имеет ряд недостатков: во-первых, погрешность этого ВИУ весьма значительна; во-вторых, итоговый результат зависит от ВР секундометриста, которое весьма вариативно; в-третьих, т.к. результат измерения – это сумма ВР и ВД, то определить «чистое» ВД нельзя; в-четвертых, невозможно измерить мгновенное значение скорости в любой точке движения.

Воспроизводимость и согласованность такого способа измерения ВД, как правило, невелики: значения этих показателей обычно не превышают 0,80–0,60 (соответственно). Лишь у опытных секундометристов эти цифры равны 0,90–0,85.

В значительной степени лишены данных недостатков автоматические ВИУ. Самым простым из них является **электромеханический спидограф**, состоящий из лентопротяжного механизма с отметчиками времени и расстояния. К ним присоединена через катушку с тормозом леска, другой конец которой крепится к поясу спортсмена. Во время бега (или плавания, гребли и т.п.) вытягивание лески приводит к замыканию контактов, и пицки отмечают на ленте время (через каждые 0,02 с) и расстояние (через 1 м). Но из всех автоматических ВИУ спидограф наименее точен; погрешность его измерений составляет 5–7%.

Более точными являются измерения, проводимые с помощью установки, а также ВИУ, основанных на эффекте Доплера, лазерных измерителей и т.п.

Добротность скоростных качеств определяется такими характеристиками показателей, как информативность, надежность и эквивалентность.

**Информативность** некоторых показателей, характеризующих быстроту движения, представлена в таблице 12.

Видно, что 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.

**Надежность** тестов, предназначенных для контроля 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 или шайбы, 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 цель и т.п.

Таблица 12. – Информативность показателей времен движения

Критерий	Показатели ВД	Коэффициент информативности
Результат в беге на 100 м	а) константа стартового ускорения $K_1$ ; б) время на отрезке 80–100 м; в) частота постукивания кистью	-0,114 0,930 -0,180...-0,270
Результат в беге на 30 м	Константа стартового ускорения $K_1$ , определяемая расчетным способом	0,830
Максимальная скорость бега	а) частота шагов в беге; б) время опоры; в) время полета	0,930 -0,750 -0,770
Спортивная квалификация	Время достижения максимальной скорости в беге на 100 м	Низкий, т.к. и квалифицированные спортсмены, и новички достигают $V_{\max}$ за 4–5 с

**Эквивалентность** скоростных тестов определяется по величине коэффициентов корреляции, рассчитанных между их результатами. 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.

### 15.3. Контроль за силовыми качествами

Способность преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему посредством мышечных напряжений называют **силовыми качествами**. Уровень их развития обуславливает уровень 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 в.

При контроле за силовыми качествами учитывают обычно три группы показателей:

- основные:
  - а) мгновенные значения силы в какой-либо момент движения, в частности максимальную силу;
  - б) среднюю силу.
- интегральные – импульс силы;
- дифференциальные – градиент силы и т.п.

**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**. 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: без измерительной аппаратуры и с использованием измерительных устройств – **динамометров**. Динамометр с пишущим устройством называется **динамографом**.

Наибольшее распространение в практике получило измерение силы с помощью динамометров.

Механические динамометры пружинного типа состоят из упругого звена, воспринимающего усилия, а также преобразующего и показывающего устройств. В спортивных исследованиях наиболее широко используются разнообразные **тензометрические силоизмеряющие устройства** (см. УЭ 12).

Все измерительные процедуры проводятся с обязательным соблюдением общих для контроля за физической подготовленностью метрологических требований. Необходимо также строго соблюдать специфические требования к измерению силовых качеств:

- 1) определять и стандартизировать положение тела (сустава), в котором проводится измерение;
- 2) учитывать длину сегментов тела при измерении момента силы;
- 3) учитывать направление вектора силы.

Понятие **«максимальная сила»** используется для характеристики, во-первых, абсолютной силы, проявляемой без учета времени, во-вторых, силы, время действия которой ограничено условиями движения. Например, максимальная сила отталкивания в движении, моделирующем беговой шаг, составляет 4000 Н; реальная сила отталкивания в беге – 2000 Н.

Максимальная сила измеряется с помощью специфических и неспецифических тестов. В первом случае регистрируют силовые показатели в соревновательном упражнении или упражнении, близком к нему по структуре проявления двигательных качеств; во втором чаще всего используют **стенд силовых обмеров**, на котором измеряют силу практически всех мышечных групп в стандартных заданиях (как правило, в сгибаниях и разгибаниях сегментов тела).

Максимальную силу можно измерять в статических и динамических условиях. Регистрируют при этом качественно разные показатели: максимальную статическую и максимальную динамическую силы.

Поскольку в односуставных движениях регистрируется не сила, а ее момент, то результаты измерений должны быть представлены не в ньютонах (Н), а в ньютонметрах (Нм).

Зарегистрированные в ходе измерений показатели силы называют **абсолютными**; расчетным путем определяют **относительные** показатели (по отношению абсолютной силы к весу тела). Их значения у спортсменов тяжелых весовых категорий (в тяжелой атлетике, борьбе, боксе) меньше, чем у спортсменов легкого веса. Связано это с тем, что зависимость «сила – вес» описывается уравнением

$$F = a \cdot W^{\frac{2}{3}}, \quad (15.43)$$

где  $F$  – сила (по результату в силовом тесте);  
 $W$  – собственный вес;  
 $a$  – константа.

Это уравнение позволяет рассчитывать эквивалентные силовые показатели для людей разного веса (необходимость в таких показателях очевидна: например, при определении разрядных норм в тяжелой атлетике, нормативов силовых тестов). Расчеты показывают, что эквивалентными можно считать результаты в толчке штанги: 218 кг для весовой категории 90 кг, 206 кг – 82,5 кг, 193 кг – 75 кг, 180 кг – 67,5 кг, 166 кг – 60 кг.

#### 15.4. Контроль за уровнем развитием 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 оцениваются потенциальные возможности спортсмена эффективно соревноваться или тренироваться в условиях нарастающего утомления) и специфических (результаты указывают на степень реализации этих потенциальных возможностей).

В соответствии с рекомендациями Международного комитета по стандартизации к **неспецифическим** тестам определения выносливости относят бег на третбане, педалирование на велоэргометре, степ-тест.

Условия выполнения этих двигательных заданий должны быть строго стандартизированы; 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 тротуаре 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. Высокие показатели аэробной и анаэробной производительности – условие хорошей выносливости (например, в циклических видах спорта). Однако выносливость зависит и от других причин, поэтому функциональной зависимости между показателями аэробной и анаэробной производительности и выносливости нет.

В качестве **измерителей** этого двигательного качества используют **основные эргометрические показатели**: время, объем, интенсивность выполнения упражнения. Обычно какой-то из этих показателей задается в виде параметра (например, спортсмену дают задание бежать в течение 12 мин); один из оставшихся непосредственно измеряется (регистрируется расстояние, которое спортсмен пробежал за это время, например, 3200 м). Для данного случая средняя расчетная скорость бега составляет 4,44 м/с).

При измерении выносливости с помощью любого из этих трех показателей (при строгом соблюдении в каждом случае основных метрологических требований) оценка уровня развития этого качества получается одинаковой, что вытекает из правил обратимости двигательных заданий.

Выносливость измеряют с учетом **развития других двигательных** качеств.

Выносливость можно измерить с помощью **гетерогенных тестов**, результаты в которых определяют как минимум два показателя: функциональные возможности и степень развития волевых качеств (так называемые максимальные тесты, см. УЭ 9). Одинаковые значения показателей пре-



дельного времени работы, максимального кислородного долга и т.п. у двух спортсменов еще не дают основания утверждать, что у них одинаковая выносливость. Например, первый спортсмен выполнил тестирующее задание с полной мобилизацией волевых качеств, а второй закончил работу задолго до исчерпания энергетических ресурсов при появлении первых признаков утомления. Необходимость выявления истинной оценки выносливости диктуется требованиями организации тренировочного процесса: в рассмотренном примере для второго спортсмена необходимо планировать задания на развитие волевых качеств.

Уровень развития выносливости спортсмена можно определять по результатам **контроля за техническим (или технико-тактическим) мастерством**. В этом случае выносливость оценивается по значениям показателей устойчивости техники. Делается это следующим образом. Зарегистрированные в начале и в конце упражнения, информативные показатели объема, разносторонности и эффективности спортивной техники сопоставляются друг с другом. Например, в финальных матчах по футболу показатели технико-тактического мастерства футболистов сборной команды Республики Беларусь в первом и втором таймах оказались следующими (таблица 13).

Видно, что во втором тайме значения показателей объема и эффективности уменьшаются; это связано, прежде всего, с невысоким уровнем выносливости игроков.

Таблица 13. – Объем и эффективность технико-тактического мастерства футболистов

Соперники	Число технико-тактических действий		Эффективность технико-тактических действий	
	I тайм	II тайм	I тайм	II тайм
Республика Беларусь – Россия	311	313	0,72	0,70
Республика Беларусь – Венесуэла	301	271	0,76	0,71
Республика Беларусь – Замбия	313	278	0,73	0,70
Республика Беларусь – Куба	334	279	0,79	0,77
Республика Беларусь – Кувейт	370	269	0,77	0,67
Республика Беларусь – Югославия	362	301	0,72	0,71

**Добротность тестов выносливости** оценивается с помощью метода повторного тестирования либо метода параллельных форм (когда спортсмен выполняет разные по форме тесты, оценивающие один и тот же вид выносливости). По результатам тестов рассчитывают коэффициенты корреляции (коэффициенты эквивалентности). Например, значение одного из них – между МПК и бегом в течение 12 мин (задания выполняли физкультурники-студенты) – оказалось равным 0,90. Это дает основание считать батарею тестов «беговой тест плюс измерение МПК» надежной.

**Информативность** показателей выносливости определяется в два этапа.

На первом этапе в процессе теоретического анализа определяют вклад различных факторов в результат соревновательного упражнения. Например, подбирая тесты для контроля за развитием выносливости бегунов-стайеров, принимают во внимание, что энергия, необходимая для бега на 5 и 10 км, приблизительно на 95% поставляется аэробными источниками энергообеспечения. Следовательно, любой показатель для контроля должен подбираться с учетом этого обстоятельства.

На втором этапе измеряют результаты в тестах, а затем сопоставляют их со значениями одного или нескольких критериев (в качестве последних, как известно, используют результаты соревновательного упражнения, другие заведомо информативные тесты, квалификацию спортсменов и т.п.).

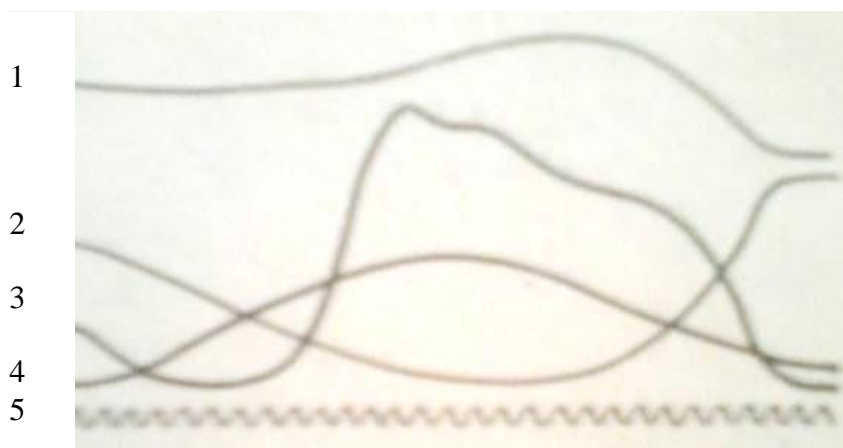
**Эквивалентными** обычно оказываются показатели, характеризующие одно и то же проявление выносливости. Например, специальная выносливость пловцов может определяться двумя способами: по времени повторного проплывания 6х50 м с интенсивностью 90% от максимальной и интервалами отдыха 10 с; по длительности плавания с интенсивностью 90% от максимальной (результатом в этом случае является либо длина дистанции, либо время плавания, в течение которого спортсмен поддерживал заданную интенсивность). Коэффициенты корреляции между результатами обоих заданий составляют 0,70–0,85, что указывает на хорошую эквивалентность тестов. На практике целесообразнее применять первый тест, т.к. он проще по организации (во втором случае необходимо постоянно регистрировать скорость плавания, что технически не совсем просто).

## 15.5. Контроль за гибкостью и ловкостью

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: механическим (гониометрическим), механоэлектрическим (электрогониометрическим), оптическим, 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 это изменение регистрируется гониометром.

Если транспортир заменить потенциометрическим датчиком, получится **электрогониометр**. Измерения с его помощью дают графическое изображение гибкости (рисунок 24).



По вертикали – изменение угла в суставе, град; по горизонтали – время, с;  
1–4 – углы в разных суставах, 5 – отметка времени

Рисунок 24. – Гониограмма движений

Этот метод контроля более точен; кроме того, он позволяет проследить за изменением суставных углов в различных фазах движения.

**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. Точность оптических методов зависит от точности работы регистрирующей аппаратуры; способа крепления маркеров на суставных точках и величин их смещения при выполнении движения; погрешностей анализа кинофотоматериалов. Наиболее точным из оптических методов является стереоциклография, позволяющая регистрировать амплитуду движений в трехмерном пространстве.

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

Гибкость измеряется в угловых градусах либо 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 результате 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. Величина этой силы должна быть одинаковой для всех измерений; только в этом случае можно получить объективную оценку пассивной гибкости.

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 его, 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**. Показатель является достаточно информативным для оценки состояния мышечного аппарата спортсмена.

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 и в разных движениях.

**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.

Высокий уровень развития ловкости предполагает, что спортсмен:

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

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Какие характеристики включает контроль за физической подготовленностью спортсмена?
2. Назовите три варианта (основных) тестирования физической подготовленности.
3. Какие предварительные действия необходимо проделать, чтобы провести тестирование физической подготовленности?
4. Вставьте пропущенное слово.

*Выделяют элементарные и ... формы проявления скоростных качеств.*

5. Продолжите.

*Элементарные формы проявления скоростных качеств включают в себя время реакции, ..., ... .*

6. Какие различают реакции?

7. Назовите способы измерения реакций.

8. Какими способами осуществляется контроль за быстротой движений?

9. Охарактеризуйте преимущества и недостатки устройств измерения быстроты движений.

10. Какими основными характеристиками должен обладать тест на определение быстроты движений?

11. Что называют силовыми качествами?

12. Назовите методы контроля за силовыми качествами.

13. Что такое максимальная сила?

14. Что выражает импульс силы?

15. Какой прибор наиболее часто используется для измерения силы?

16. Что такое выносливость?

17. Какие виды выносливости Вы знаете?

18. Что относят к неспецифическим тестам определения выносливости?

19. Какие тесты определения выносливости называют специфическими?

20. Какие показатели используют для измерения выносливости?

21. С помощью каких тестов измеряют выносливость?

22. Какие показатели определяют качество тестов на выносливость?

23. Что такое гибкость?

24. Какими способами можно оценить уровень развития гибкости?

25. Опишите известные вам методы измерения гибкости.

26. Что такое ловкость и какими показателями она выражается?

## УЭ 16

### КОНТРОЛЬ ЗА ТРЕНИРОВОЧНЫМИ И СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫМИ НАГРУЗКАМИ

1. Классификация тренировочных средств. Контроль за специализированностью нагрузки.

2. Контроль за направленностью нагрузки.

3. Контроль за координационной сложностью нагрузки.

4. Контроль за величиной нагрузки.

5. Контроль за соревновательными нагрузками.

## 16.1. Классификация тренировочных средств. Контроль за специализированностью нагрузки

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 – одна из основных задач контроля за нагрузками.

Решению этой задачи способствует **классификация** тренировочных средств – распределение их на группы по определенным признакам (характеристикам). Целесообразно использовать следующие характеристики:

- **специализированность** – мера сходства данного тренировочного средства с соревновательным упражнением;
- **направленность** – проявляется в воздействии тренировочного упражнения на развитие того или иного двигательного качества;
- **координационная сложность** – показатель, влияющий на величину тренировочных эффектов.
- **величина нагрузки** – определяет степень воздействия упражнения на организм спортсмена.

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

**Контроль за специализированностью нагрузки** позволяет все тренировочные средства разделить на **специализированные** (или специальные) и **неспециализированные**. Упражнения первой группы обладают наибольшим тренирующим воздействием и используются как средства специальной подготовки. При их применении происходит прямой перенос навыков и двигательных качеств в соревновательную деятельность и, как следствие, быстрый рост спортивных результатов. Специфический тренирующий эффект упражнений второй группы менее значителен. Они используются как средства общей подготовки.

К специализированным упражнениям относятся элементы соревновательных действий, их варианты, а также упражнения, координационно сходные с ними. Степень сходства оценивается путем сопоставления биомеханических (энергетических) характеристик тренировочных и соревновательных упражнений. Кроме того, специализированность упражнений определяется по величине коэффициентов корреляции, рассчитанных между их результатами и достижениями в соревнованиях.

Один из распространенных методов оценивания специализированности нагрузки – сопоставление внешних (в первую очередь, кинематических) характеристик соревновательных и тренировочных упражнений. Однако не всегда такой подход оказывается эффективным. Например, некоторые пловцы используют в качестве специализированных гребковые движения на суше с резиновым амортизатором. Они внешне весьма схожи с гребковыми движениями в плавании, однако развиваемые в это время усилия совпадают мало. При плавании максимальные усилия поддерживаются в течение всего гребка, в то время как в упражнении на суше максимум силы достигается к концу движения. Следовательно, это тренировочное упражнение будет развивать совсем не ту силу, которая необходима пловцам.

Специализированность нагрузки определяется также по характеру механизмов энергообеспечения соревновательного и тренировочного упражнений. Например, специализированными по отношению к легкоатлетическому спринту будут прыжковые упражнения и упражнения с отягощениями, выполняемые в быстром темпе в обоих случаях энергия поставляется за счет сходных механизмов.

Силы, проявляемые в упражнениях, зависят от мышечной активности. Зарегистрировав ее у ряда мышц с помощью электромиографии, сравнивают ЭМГ-профили соревновательного и тренировочного упражнений. Чем больше сходство, тем более специализированным является тренировочное упражнение.

В видах спорта с большим объемом технических действий (спортивные игры, гимнастика, фигурное катание на коньках и т.п.) специализированность нагрузки определяется по тому, насколько:

во-первых, совпадают элементы (или группы элементов) соревновательного и тренировочного упражнений;

во-вторых, близки к соревновательным те ситуации, в которых выполняется тренировочное упражнение (наличие активного противодействия в игровых упражнениях, высокая скорость перемещения игроков и передач мяча, шайбы и т.д.).

Определяя соотношение специализированных и неспециализированных средств, тренер должен сопоставлять его с рекомендуемым для данного вида спорта. В каждом виде спорта эта величина различна. Кроме того, она зависит от квалификации спортсмена: если у новичков практически любое



упражнение оказывает тренирующее воздействие (т.е. приводит к росту спортивных результатов), то в подготовке мастеров специализированными будут лишь тренировочные упражнения, очень близкие по своей структуре к соревновательным.

## 16.2. Контроль за направленностью нагрузки

Для классификации упражнений по их влиянию на развитие двигательных качеств используют показатели кумулятивного тренировочного эффекта (КТЭ) и срочного тренировочного эффекта (СТЭ). Часто бывает достаточно первого показателя. Например, очевидно, что занятия марафонским бегом способствуют развитию выносливости, а поднятие тяжестей – силы. Но, предположим, тренеру надо оценить, чем нагрузка 10 раз по 200 м отличается от нагрузки 20 раз по 100 м. Ответить на этот вопрос уже непросто. В таких случаях используют показатели СТЭ, которые зависят от значений компонентов упражнения. В видах спорта циклического характера таких компонентов пять:

- 1) продолжительность упражнения (длина преодолеваемых отрезков);
- 2) интенсивность его выполнения (скорость передвижения);
- 3) длительность интервалов отдыха между повторениями;
- 4) характер отдыха;
- 5) число повторений.

В спортивных играх для контроля направленности нагрузки целесообразно использовать еще два компонента:

- количество спортсменов, выполняющих специализированное технико-тактическое упражнение;
- размер площади, на которой это упражнение выполняется.

Установлены показатели в физиологии, биохимии, позволяющие, исходя из известных значений компонентов упражнений, соотносить их по направленности. Многие тренеры планируют определенные соотношения нагрузок на разных этапах подготовки. Например, 2–3% времени они отводят на выполнение упражнений скоростно-силовой направленности, 4–6% – на упражнения, развивающие скоростную выносливость, 91–94% – на упражнения, развивающие общую выносливость.

Реальность указанных соотношений зависит от того, насколько точно спортсмен воспроизводит в повторных попытках заданные тренером зна-

чения компонентов нагрузки. Поэтому в тренировочном занятии необходимо контролировать длительность и интенсивность выполняемых спортсменом упражнений, длительность интервалов отдыха и пр. Отклонение от запланированных значений этих компонентов приводит к тому, что желаемый СТЭ не достигается и, следовательно, направленность нагрузки оказывается совсем другой.

### 16.3. Контроль за координационной сложностью нагрузки

Определить **координационную сложность** тренировочных упражнений можно при визуальных и инструментальных наблюдениях. Для этого надо заранее разработать схему наблюдений, выделив признаки, на основе которых все тренировочные средства будут подразделяться на простые и сложные. К числу таких признаков можно отнести скорость и амплитуду движений, наличие или отсутствие активного сопротивления, дефицит времени, необычность исходных положений, внезапность изменения ситуаций и т.п.

Особенно велико влияние фактора координационной сложности в играх, единоборствах, гимнастике и т.п.

Наблюдения показывают, что игроки команд, использующих в занятиях упражнения повышенной сложности, оказываются физически более подготовленными. Кроме того, эффективность техники каждого из них и результативность команды в целом заметно повышаются.

Выполнение координационно сложных упражнений приводит к возникновению так называемой психической напряженности. Внешними ее проявлениями являются скованность движений, искажение техники; внутренними – повышенные физиологические, биохимические и т.п. показатели. Причины психической напряженности – боязнь получить травму при выполнении сверхсложных элементов, сильное эмоциональное возбуждение во время соревнований и т.д. Методы контроля за психической напряженностью специфичны и зависят от устойчивости психики конкретного спортсмена, а также от факторов, обуславливающих координационную сложность упражнений.

## 16.4. Контроль за величиной нагрузки

Под **величиной нагрузки** понимают количественную меру тренировочных воздействий. Различают показатели, относящиеся к внешней и внутренней сторонам нагрузки.

**Внешнюю**, или физическую, нагрузку определяют по показателям тренировочных заданий (продолжительности и скорости выполнения упражнений, числу повторений, подходов, элементов, поднятому весу и т.д.). **Внутренняя**, или физиологическая, нагрузка характеризуется функциональными реакциями организма на выполнение этих заданий и определяется по таким показателям, как  $O_2$ -потребление и  $O_2$ -долг, ЧСС и т.п.

В некоторых случаях информативными оказываются комбинированные показатели нагрузки, которые определяются как произведение (или отношение) параметров физической и физиологической нагрузок.

Наиболее контролируемыми характеристиками величины нагрузки являются ее объем и интенсивность.

К основным **показателям объема нагрузки** относятся:

- время, затраченное на тренировочную и соревновательную деятельность;
- число тренировочных занятий и соревнований.

Информативность этих показателей достаточно велика: во всех без исключения видах спорта наблюдается корреляция между ростом спортивных достижений и увеличением затрат времени на подготовку спортсменов. При этом равные по величине приросты результатов у высококвалифицированных спортсменов и новичков обуславливаются резко различающимися затратами времени на освоение физических упражнений. Так, пловцу II разряда для улучшения результата в плавании на 1500 м на 15 с необходимо тренироваться около 70 ч, кандидату в мастера – 250 ч, а мастеру спорта международного класса – 730 ч.

Обобщенные показатели объемов нагрузки не всегда удобны для анализа. Поэтому в практике контроля необходимо использовать частные объемы, т.е. объемы отдельных тренировочных средств и их групп. Они являются информативными показателями при сопоставлении нагрузки на разных этапах подготовки. Например, практически во всех видах спорта по мере повышения спортивного мастерства возрастает удельный вес специализированных упражнений. Большими оказываются частные объемы этих нагрузок и в соревновательном периоде (по сравнению с подготовительным).

К частным относят также объемы нагрузки, зарегистрированные при выполнении упражнений разной интенсивности. В зависимости от вида спорта выделяют от трех до семи зон интенсивности. Контроль частных объемов в этом случае имеет важное значение, т.к. помогает установить оптимальное соотношение нагрузок разной интенсивности и проследить их влияние на спортивный результат.

**Интенсивность нагрузки** измеряется количеством двигательных действий, выполненных в единицу времени. Различают два вида показателей интенсивности: **абсолютные**, выраженные в физических единицах измерения (м/с, кг, частоте движений и т.п.), и **относительные**, которые измеряются в процентах:

- от максимальной скорости (мощности), которую способен развить спортсмен в кратковременном упражнении;
- максимальной скорости на данной дистанции (например, на уровне личных рекордов в плавании на 1500 м, беге на 10 км);
- максимальной скорости (мощности), которую способен развить спортсмен в данном (текущем) состоянии.

Интенсивность физиологической нагрузки упражнения определяется величиной сдвигов в ведущих морфофункциональных системах организма. При этом значения показателей в соревновательном упражнении также являются основой для расчета относительной интенсивности. Например, если в рассмотренном случае в беге на 1500 м средняя ЧСС была 170 уд/мин, то средние ЧСС тренировочных забегов – 188 и 162 уд/мин, выраженные в процентах (соответственно 111 и 95,3%), характеризуют относительную интенсивность.

В играх и единоборствах использовать физические показатели интенсивности нагрузки сложнее, чем физиологические. Это связано с переменным характером упражнений в этих видах спорта и со значительной вариативностью как интенсивности нагрузки (которую непосредственно измерить очень трудно), так и величины ответных реакций организма (измерять которые в целом легче). Поэтому для оценки интенсивности здесь чаще используют физиологические и биохимические показатели, в частности ЧСС.

Для определения величины физиологической нагрузки одного тренировочного занятия умножают его интенсивность на продолжительность работы; физиологическая нагрузка серии занятий определяется как произведение

нагрузки одного занятия на число занятий. Например, средняя интенсивность энерготрат в футболе 15 ккал/мин. Умножив это значение на 90, узнаем, что за игру (или тренировочное занятие) футболист затрачивает 1350 ккал. При десяти занятиях в неделю величина энерготрат будет  $1350 \times 10 = 13\,500$  ккал. В некоторых упражнениях суммарные энерготраты, следовательно, и величина нагрузки оказываются достаточно большими: так, калорический эквивалент лыжных гонок на 80–100 км составляет примерно 6000–7000 ккал.

### 16.5. Контроль за соревновательными нагрузками

Различают **соревновательную нагрузку** и **нагрузку соревновательного упражнения**. В первом случае контролю подлежит число соревнований и стартов, в которых принимал участие спортсмен на определенном этапе подготовки. Во втором – показатели физической и физиологической нагрузки соревновательного упражнения.

Соревновательная нагрузка измеряется следующими показателями:

- числом соревнований на протяжении этапа;
- числом стартов на этих соревнованиях.

Длительность этапа может быть различной, но обычно она равна половине года или одному году. В разных видах спорта показатели соревновательной нагрузки различны. Так, в фигурном катании на коньках спортсмены участвуют в 7–10 соревнованиях в год (14–20 стартов), в спортивных играх – в 50–100.

В таких видах спорта, как легкая атлетика, плавание, гребля и т.п., необходимо регистрировать не только число соревнований, но и число стартов. Например, в беговых видах легкой атлетики спортсмены участвуют в соревнованиях 35–50 раз в год. Однако учитывая, что есть предварительные и финальные забеги, а некоторые спортсмены выступают и на смежных дистанциях (100 и 200 м, 800 и 1500 м и т.д.), число стартов достигает 100–120.

Для современного спорта характерна тенденция роста соревновательной нагрузки. При этом соревнования становятся не только способом проверки подготовленности спортсмена, но и важной формой его подготовки.

**Нагрузка соревновательного упражнения** должна быть тем ориентиром, на основе которого осуществляется подбор и распределение тренирово-

вочных упражнений. Поэтому необходимо знать структуру соревновательного упражнения и факторы, обуславливающие его результат.

Нагрузка соревновательного упражнения, как и всякого другого, может быть оценена с «внешней» (физическая нагрузка) и с «внутренней» (физиологическая нагрузка) стороны. В видах спорта циклического характера определить эти параметры нетрудно. Например, в спринтерском беге на 200 м максимальная скорость сильнейших спортсменов превышает 11,5 м/с, а концентрация молочной кислоты в крови после пробегания дистанции достигает 20 мМ (Н.И. Волков, 1968). Аналогичные показатели для бега на 400, 800 и 1500 м соответственно равны 11 м/с и 23 мМ, 8 м/с и 21 мМ, 7 м/с и 15 мМ.

В видах спорта ациклического характера, особенно в игровых видах спорта, определить компоненты физической нагрузки труднее. Для этого необходимо регистрировать все то, что делает спортсмен в ходе встречи. Однако и в этом случае однозначной оценки получить не удастся: наблюдения показывают, что число игровых приемов, выполняемых, например, одним и тем же футболистом, и расстояние, преодолеваемое им в матче, существенно зависят от класса противника, тактики команды, места, занимаемого командой в чемпионате и т.п. Поэтому необходимы систематические наблюдения за всеми показателями и последующее их усреднение.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Какие характеристики используют для классификации тренировочных средств?
2. Какие тренировочные средства называются специализированными, а какие неспециализированными?
3. Назовите самый распространенный метод оценивания специализированности тренировочной нагрузки.
4. Что такое срочный тренировочный эффект и кумулятивный тренировочный эффект?
5. Вставьте пропущенное слово.  
*Для определения координационной сложности тренировочных упражнений используют визуальные и ... способы наблюдения.*
6. В каких видах спорта фактор координационной сложности особенно велик?

7. Продолжите.

*Выполнение координационно сложных упражнений приводит к возникновению ... .*

8. Что такое величина нагрузки?
9. Какими показателями определяется внешняя сторона нагрузки?
10. Какими показателями определяется внутренняя сторона нагрузки?
11. Назовите основные показатели объема нагрузки.
12. Каким образом измеряется интенсивность нагрузки?
13. Приведите примеры абсолютных показателей интенсивности нагрузки.
14. Как определяется интенсивность физиологической нагрузки?
15. Как определить величину физиологической нагрузки одного тренировочного занятия?
16. Какими показателями измеряются соревновательные нагрузки?
17. Каким образом рассчитывается нагрузка соревновательного упражнения?

## УЭ 17

### КЛАССИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

1. Показатели спортивной подготовленности.
2. Показатели соревновательной надежности.
3. Показатели личности спортсмена.
4. Критерии оценивания спортивной подготовленности.

#### 17.1. Показатели спортивной подготовленности

Количественная характеристика свойств спортсмена, входящих в состав его подготовленности, рассматриваемая применительно к определенным условиям тренировки и соревновательной деятельности, называется **показателем спортивной подготовленности**. Данный показатель численно характеризует степень проявления определенного свойства, входящего в состав подготовленности спортсмена. Его наименование определяет характеризующее свойство. Например, быстрота сенсомоторной реакции, выносливость, гибкость и т.д. Численные значения могут выражаться как в размерных единицах (например, Н, Вт, и т.д.), так и в безразмерных

(например, шкала трудности гимнастических элементов и т.д.). Показатели спортивной подготовленности можно представить двумя классами:

– показатели, которые можно измерить объективными средствами (например, величина взрывной силы, время простой двигательной реакции, уровень физической работоспособности и т.д.);

– показатели, которые невозможно определить объективными средствами (например, качество выполнения гимнастического упражнения, эффективность командных действий, выразительность движений в художественной гимнастике, эмоционально-моторная устойчивость и т.д.). В последнем случае численные значения показателей спортивной подготовленности определяются экспертами и выражаются в условных единицах – баллах.

Показатели спортивной подготовленности являются основой для оценивания уровня спортивно-технического мастерства спортсмена. В свою очередь **уровень спортивно-технического мастерства** – относительная характеристика свойств специальной подготовленности спортсмена, основанная на сравнении значений показателей свойств оцениваемого спортсмена с соответствующими показателями спортсмена, принятого в качестве модельного образца-аналога. Количество показателей спортивной подготовленности, подлежащих включению в планы подготовки спортсменов и типовые программы их комплексных обследований, может быть различным в зависимости от целей и уровня их спортивного совершенствования.

Под **параметром** спортивной подготовленности понимается количественная характеристика любых свойств или состояний спортсмена. Параметр спортивной подготовленности – более общее понятие, чем показатель спортивной подготовленности, как по области распространения, так и по содержанию. **Признак** спортивной подготовленности – это качественная и (или) количественная характеристика любых свойств или состояний спортсмена. Признак является общим понятием, включающим показатели и параметры спортивной подготовленности. Показатель спортивной подготовленности, относящийся только к одному из ее свойств, называется **единичным показателем**, к нескольким – **комплексным показателем**. Показатель спортивной подготовленности, по которому принимается решение оценивания специальной подготовленности спортсмена, называется **определяющим показателем**. Определяющий показатель может быть единичным и комплексным. Комплексный определяющий показатель спортивной



подготовленности называют обобщенным. Многообразие задач и целей оценки уровня специальной подготовленности спортсмена требует классификации показателей спортивной подготовленности.

**Показатели классифицируются:**

1) **по характеризующим свойствам и действующим факторам** – функциональные показатели, показатели надежности (безошибочности и помехоустойчивости); эстетические, педагогические, медицинские, антропометрические, физиологические, биомеханические, психологические, социальные показатели;

2) **по способу выражения** – показатели, выраженные в физических единицах, в безразмерных величинах (очки, баллы, ранги, проценты);

3) **по количеству характеризующих свойств** – единичные и комплексные (групповые, обобщенные, определяющие);

4) **по применению для оценивания** – модельные значения показателей; относительные значения показателей;

5) **по стадии определения значений** – прогнозируемые и планируемые показатели; показатели тренированности (оперативные, текущие, этапные); соревновательные показатели;

6) **по единообразию и точности характеризующих свойств и действующих факторов** – показатели стандартизации и унификации; метрологические показатели.

**Групповым** называют комплексный показатель спортивной подготовленности, относящийся к одной (однородной) группе ее свойств. Обоснованный выбор показателей для оценивания уровня спортивной подготовленности имеет первостепенное значение при включении их в типовую программу комплексных обследований спортсменов. Для осуществления такого выбора нужно располагать номенклатурой групп показателей спортивной подготовленности, удовлетворяющей требованиям необходимости и достаточности. Иными словами, эта номенклатура должна содержать только такие показатели, которые найдут практическое применение (т.е. окажутся необходимыми). Кроме того, она должна содержать все группы показателей, определяющих международный (олимпийский) уровень спортивных достижений.

## 17.2. Показатели соревновательной надежности

Специфика **соревновательной надежности**, в отличие от спортивно-технической, тактической, психической и других видов, определяется потребностью в безотказном выступлении в соревнованиях соответствующе-

го ранга, с заданной результативностью в условиях сбивающих помех спортивной конкуренции в течение всего состязания. Важнейшие **компоненты** соревновательной надежности – это высшая результативность действий спортсмена и устойчивость этого уровня подготовленности в экстремальных условиях (помехоустойчивость). В качестве дополнительных показателей соревновательной надежности спортсменов используются следующие:

- вероятность безошибочного решения соревновательной ситуации;
- вероятность успешного выполнения заданных действий в соревновательной ситуации;
- вероятность своевременной реализации соревновательной ситуации;
- вероятность успешной реализации последовательно возникающих соревновательных ситуаций.

Выбор состава показателей, используемых для описания и обеспечения соревновательной надежности, определяется характером соревновательных функций спортсменов, их сложностью и особенностями соревновательных требований видов спорта.

При формулировке требований к соревновательной надежности спортсмена необходимо учитывать:

- соревновательную цель спортсмена в целом, задачи его действий и отдельных функций в соревновательных ситуациях;
- виды ошибочных действий и возможные технико-тактические последствия сбоев отдельных действий;
- уровень соревновательной надежности, достигнутый спортсменами, соответствующего мастерства.

Разработка практических методик контроля и оценивания соревновательной надежности спортсмена может быть обеспечена решением следующих задач:

- разработкой достаточно полной, предельно экономной классификации ошибочных соревновательных действий спортсменов;
- разработкой математических моделей для каждого вида ошибочных действий;
- разработкой данных методик в различных группах видов спорта;
- составлением справочных таблиц накопленных данных, характеризующих надежность, соревновательные свойства показателей спортсменов.

### 17.3. Показатели личности спортсмена

Понятие «личность» характеризуется признаками, обозначающими: индивид как субъект отношений и сознательной деятельности; устойчивую систему социально-значимых черт, характеризующих его как члена того или иного общества или общности. Науки, изучающие взаимосвязь общества и человека, определяют «личность» исходя из своих методологических схем.

Социологический, антропологический, психологический, медицинский, педагогический, юридический подходы существенно различаются.

**Психологический аспект** обязывает изучать личность человека с точки зрения связи (заимствования) данных естественных и общественных наук. Личность – одно из центральных понятий психологической науки. И, пожалуй, одно из наиболее сложных. Приведем пример определения понятия «личность» с выделением целостных семантических единиц, предложенного видным советским психологом А.Н. Леонтьевым (1970): «Мой взгляд на личность состоит в том, что личность есть особое целое (1), особое психологическое новообразование (2), формирующееся только у человека (3) и представляющее собой относительно поздний продукт общественно-исторического развития (4) и онтогенетического развития (5)» [15].

Экспериментальные методы оценивания психических свойств личности называют психодиагностическими и обычно делят на **вопросники** (личностные опросники, Миннесотский многомерный личностный опросник ММП1, 16-факторный личностный опросник Кеттелла, личностный опросник Айзенка) и **проективные методики** (тест тематической апперцепции ТАТ, тест Роршаха, фрустрационный тест Розенцвейга).

Спортивные психологи выделяют следующие наиболее существенные личностные качества выдающихся спортсменов:

- достаточно высокую общую одаренность;
- быстрый темп психических процессов и способность к интенсификации психической деятельности;
- эмоциональную устойчивость;
- сильную волю;
- высокий уровень притязаний, уверенность в себе, склонность к риску, стремление к лидерству, общительность, открытый характер и чувство юмора;
- активную направленность и интерес к спортивной деятельности.

## 17.4. Критерии оценивания спортивной подготовленности

Под **критериями**, на основании которых вырабатывается суждение о качестве обследований спортсменов, понимаются признаки и свойства, присущие исследовательской проверке состояния спортсмена по ее природе, назначению и отражающие опыт ее осуществления, реализации. Критерии качества оценивания спортивной подготовленности отражают требования к составу и содержанию оценочных показателей, методам их определения, организации процесса оценивания. Рассмотрим данные критерии.

**Критерий объективности** оценивания заключается в том, что результаты оценивания не должны зависеть от субъективного мнения лиц, выполняющих это действие.

**Критерий системности** состоит в необходимости использования взаимосвязанных оценок, каждая из которых отражает определенную сторону спортивной подготовленности, а все вместе – всю совокупность свойств специальной подготовленности спортсмена.

**Критерий целенаправленности** оценок определяется ориентировочной направленностью научной, методической, медицинской и другой деятельности на повышение уровня спортивных достижений. Этому критерию подчиняются в первую очередь процедуры организации, осуществления оценивания и использования его результатов, которые обязаны способствовать совершенствованию спортивных достижений.

**Критерий надежности и достоверности** относится в основном к методической, процедурной стороне проведения оценивания. Надежность оценок понимается одновременно как их устойчивость, слабая чувствительность и к изменению условий осуществления оценивания, и к искусственным помехам.

**Критерий универсальности** способствует унификации методов и способов организации оценивания спортивной подготовленности, сопоставимости результатов в различных спортивных дисциплинах.

**Критерий простоты и доступности** выражается в том, что оценивание спортивной подготовленности должно быть относительно простым в освоении, не требующим чрезмерно высокого уровня квалификации лиц, осуществляющих эту деятельность. Это требование относится и к числу

используемых показателей спортивной подготовленности, номенклатурный перечень которых не должен быть слишком большим.

**Критерий практической реализуемости** означает, что система оценивания не должна опираться на организационные формы, которые не могут быть применены в действующей практике управления подготовкой спортсменов.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Что называется показателем спортивной подготовленности?
2. В каких числовых значениях могут выражаться показатели?
3. Что такое уровень спортивно-технического мастерства?
4. Чем определяется количество показателей спортивной подготовленности, подлежащих включению в планы подготовки спортсменов и типовые программы их комплексных обследований?
5. В чем состоит отличие признака спортивной подготовленности от параметра?
6. Назовите наиболее известные Вам классификации показателей спортивной подготовленности.
7. Что такое групповой показатель спортивной подготовленности и как он выводится?
8. Что такое соревновательная надежность?
9. Назовите важнейшие компоненты соревновательной надежности.
10. Что необходимо учитывать при формулировке требований?
11. Дайте определение понятия личности.
12. Назовите наиболее существенные личностные качества выдающихся спортсменов.
13. Какие экспериментальные методы оценивания психических свойств личности Вы знаете?
14. Какие критерии оценивания спортивной подготовленности Вы знаете? Что они означают?

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

1. Стандартизация в спорте: цели, задачи, функции.
2. Методы осуществления стандартизации.
3. Паспортизация методик выполнения измерений в спорте.

### 18.1. Стандартизация в спорте: цели, задачи, функции

**Стандарт** – это нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации (в данном случае к спортивным измерениям) и утвержденный компетентным органом. Использование стандарта повышает точность, экономичность и единство измерений. В нашей стране действует **Государственная система стандартизации**, содержащая организационные, правовые, методические и практические основы этой деятельности.

Руководство работой по метрологии и стандартизации осуществляет **Государственный комитет по стандартам** (Госстандарт). Он определяет порядок стандартизации и измерительного дела, перспективы их развития, следит за обеспечением единства и правильности любых измерений в стране. Все это делается для того, чтобы повысить качество продукции, совершенствовать организацию и управление производством.

Понятие «стандартизация» прошло длительный эволюционный путь. Представление людей о стандартизации формировалось в процессе развития науки и техники, совершенствования форм и методов производства. С расширением экономических связей на национальном и международном уровнях уточнение этого понятия происходило параллельно с развитием самой стандартизации и отражало на различных этапах достигнутый уровень ее развития. Международная организация по стандартизации (ИСО) в 1952 г. создала Комитет по изучению научных принципов стандартизации (СТАКО). Перед ним была поставлена задача определения основных понятий, касающихся стандартизации. Комитет разработал ряд важнейших характеристик, которые были приняты Советом ИСО. Они легли в основу Государственной системы стандартизации (ГСС).

В документах ИСО понятие «стандартизация» определяется следующим образом: «Стандартизация – деятельность, заключающаяся в нахождении решений для повторяющихся задач в сферах науки, техники и эконо-

мики, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области».

Государственная система стандартизации взяла за основу данное определение. Стандартизация – это не механический отбор устоявшихся характеристик, а выбор наиболее оптимальных решений, рассчитанных не только на сегодняшний уровень науки и техники, но и учитывающих перспективы развития.

В соответствии с законом Республики Беларусь «О стандартизации» стандартизация – это деятельность по установлению норм, правил и характеристик в целях обеспечения:

- безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества;
- технической и информационной совместимости, а также взаимозаменяемости продукции;
- качества продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития науки, техники и технологии;
- единства измерений;
- экономии всех видов ресурсов;
- безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций;
- обороноспособности и мобилизационной готовности страны.

В настоящее время **стандартизация** определяется как деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивающая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда.

Стандартизация определяется как установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу всем заинтересованным сторонам и при их участии.

**Цель стандартизации** – достижение оптимальной степени упорядочения в той или иной области посредством широкого и многократного использования установленных положений, требований, норм для решения реально существующих, планируемых или потенциальных задач.

Цели стандартизации можно подразделить на общие и более узкие, конкретные, касающиеся обеспечения соответствия. **Общие цели** вытекают,

прежде всего, из содержания понятия. Конкретизация общих целей для белорусской стандартизации связана с выполнением тех требований стандартов, которые являются обязательными. Это определено Законом Республики Беларусь «О стандартизации», принятым в 1995 г.

**Конкретные цели** стандартизации относятся к определенной области деятельности, отрасли производства товаров и услуг, включая и спортивные.

Задачи стандартизации связана с такими понятиями, как объект стандартизации и область стандартизации. **Объектом (предметом) стандартизации** обычно называют продукцию, процесс или услугу, для которых разрабатывают те или иные требования, характеристики, параметры, правила и т.п. **Областью стандартизации** называют совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации. Например, физическая культура и спорт могут являться областью стандартизации, а правила соревнований, требования к спортивным сооружениям и т.д. – объектами стандартизации.

Основные **задачи стандартизации**:

- обеспечение взаимопонимания между разработчиками, изготовителями, продавцами и потребителями;
- установление оптимальных требований к номенклатуре и качеству продукции в интересах потребителя и государства, в т.ч. обеспечивающих ее безопасность для жизни и здоровья людей, имущества, охрану окружающей среды;
- установление требований по совместимости и взаимозаменяемости продукции;
- согласование и увязка показателей и характеристик продукции, ее элементов, комплектующих изделий, сырья и материалов;
- установление метрологических норм, правил, положений и требований;
- нормативно-техническое обеспечение контроля (испытаний, анализа, измерений), сертификации и оценки качества продукции;
- создание и введение систем классификации и кодирования технико-экономической информации;
- нормативное обеспечение межгосударственных и государственных программ и инфраструктурных комплексов (транспорт, связь, оборона, охрана окружающей среды, безопасность населения и т.д.);



– создание системы каталогизации для обеспечения потребителей информацией о номенклатуре и основных показателях продукции.

Главным содержанием **требований стандартов** в спорте являются установление ими норм, правил, понятий, обозначений, методов, характеристик, параметров, которые должны обеспечивать подготовку высококвалифицированных спортсменов и их соревновательную результативность в мировом спорте; единство и требуемую точность измерений, контроля и оценивания состояния спортсмена; безопасность учебно-тренировочного процесса и охрану их здоровья спортсменов; требования спортивной эстетики; передовую организацию и эффективное управление подготовкой спортсменов.

В современных условиях стандартизация выполняет экономическую, социальную и коммуникативную функции.

**Экономическая функция** позволяет заинтересованным сторонам получить достоверную информацию о продукции, причем в четкой и удобной форме. При заключении договора (контракта) ссылка на стандарт заменяет описание сведений о товаре и обязывает поставщика выполнять указанные требования и подтверждать их.

**Социальная функция** стандартизации заключается в стремлении включать в стандарты и достигать в производстве таких показателей качества объекта стандартизации, которые содействуют здравоохранению, санитарно-гигиеническим нормам, безопасности в использовании и возможности экологичной утилизации продукта.

**Коммуникативная функция** связана с достижением взаимопонимания в обществе через обмен информацией. Для этого нужны стандартизированные понятия, их трактовка, символы, единые правила делопроизводства и т.п.

## 18.2. Методы осуществления стандартизации

Говоря о стандартизации, следует привести определения, которые характеризуют наиболее важные методы осуществления стандартизации.

**Унификация** – метод стандартизации, заключающаяся в рациональном сокращении числа элементов (типов, видов и размеров) одинакового функционального назначения.

**Типизация** – метод стандартизации, заключающийся в разработке и установлении типовых конструктивных, технологических, организационных и других решений.

**Качество продукции** – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

**Взаимозаменяемость** – свойство независимо изготовленных деталей занимать свое место в сборочной единице без дополнительной механической или ручной обработки и обеспечивать нормальную работу данного узла. Взаимозаменяемость обеспечивается путем установления в стандартах, чертежах и другой технической документации единых номинальных размеров для сопрягаемых деталей, соответствующих допустимых пределов (полей допусков) размеров, геометрических форм и расположения поверхностей и регламентации требований к качеству материалов как по механическим, так и по физическим и химическим свойствам, термообработке, шероховатости (чистоте) поверхности и т.д.

**Взаимозаменяемость геометрическая** – вид взаимозаменяемости, при которой обеспечивается сборка или замена деталей и узлов по геометрическим параметрам, включающим в себя размеры и форму деталей, взаимное расположение, шероховатость и волнистость их поверхностей.

Геометрическая взаимозаменяемость подразделяется на **полную** и **неполную**. При первой сборке она обеспечивается без дополнительных подгоночных операций. Взаимозаменяемость геометрическая полная – необходимое условие для рациональной организации массового и крупносерийного производства. Взаимозаменяемость геометрическая неполная может иметь место в индивидуальном и мелкосерийном производстве или при выпуске особо точных изделий.

**Взаимозаменяемость функциональная** – взаимозаменяемость, предусматривающая обеспечение помимо взаимозаменяемости по геометрическим параметрам также и взаимозаменяемость по механическим, физико-химическим и другим эксплуатационным показателям.

### 18.3. Паспортизация методик выполнения измерений в спорте

Одним из путей выполнения требований по обеспечению точности измерений при обследованиях спортсменов является разработка и применение методик выполнения измерения на каждый измерительный

процесс. **Метрологический паспорт** выполняется как приложение к типовой программе комплексного обследования спортсменов и состоит из титульного листа и четырех разделов. На титульном листе помещаются следующие данные: назначение методики, место выполнения, руководители и исполнители, а также сведения о том, кто составил и ведет паспорт, дата согласования и его утверждения. Паспорт содержит следующие разделы:

- задания на измерения (измеряемый параметр и краткая характеристика условий измерения, цель и обоснование измерений, размерность, скорость изменения параметров, пределы измерения, допустимая условиями измерений погрешность, характер регистрации результатов измерений, дополнительные требования к измерениям);

- выбор методов и средств измерений. Оценка ожидаемых погрешностей измерений (метод измерений, наименование средств измерений, градуировка и пределы измерения, динамическая характеристика средств измерения, класс точности, оценка ожидаемых систематических погрешностей измерения, оценка ожидаемых динамических погрешностей измерения, оценка ожидаемых случайных погрешностей измерения);

- обеспечение измерений (предполагаемая дата проведения измерений, необходимое количество средств измерений, наличие средств измерений, дата их поверки, сведения о недостающих средствах измерения, сотрудник лаборатории, ответственный за проведение измерений);

- краткие данные по результатам измерений (что измерялось и размерность, когда измерялось и количество измерений, величины поправки, инструментальная погрешность измерительного комплекса, средняя квадратическая погрешность, доверительный интервал, суммарная величина погрешности измерения, основные результаты измерения с учетом поправок, характер и величина взаимосвязи между результатами измерения и исследуемыми факторами).

Паспортизация измерительных процессов и создание комплекса нормативной документации обеспечения позволяют значительно сократить время, затрачиваемое на планирование, подготовку и проведение массовых комплексных обследований спортсменов. Обеспечение единства результатов обследований спортсменов – это комплекс научно-технических

и организационных мероприятий, методов и средств, направленных на достижение требуемых точности, воспроизводимости и достоверности результатов обследований.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Что понимается под стандартизацией?
2. Каковы цели стандартизации?
3. Какие задачи решаются с помощью стандартизации?
4. Что называется объектом стандартизации?
5. Что относится к объектам стандартизации?
6. Приведите пример объекта стандартизации.
7. Что называется областью стандартизации?
8. Приведите пример области стандартизации.
9. Какие преимущества дает использование стандартизации?
10. Назовите положительный экономический и социальный эффект от применения стандартизации.
11. Какой может быть стандартизация в зависимости от масштабов работы?

# СЕМИНАРСКИЕ (ПРАКТИЧЕСКИЕ) ЗАНЯТИЯ

## Занятие 1

### СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ КАК УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА

#### Вопросы для обсуждения

1. Спортивная метрология: понятие, задачи, предмет, содержание.
2. Становление спортивной метрологии.
3. Спортивная метрология как учебная дисциплина.
4. История появления единой системы мер.
5. Преимущества и характеристика Международной системы единиц (СИ).

#### Вопросы и задания для письменного контроля

1. Назовите страну происхождения слова «метрология».
2. Продолжите предложение.  
*Основной задачей общей метрологии является обеспечение ...*
3. Вставьте пропущенные слова.  
*Спортивная метрология как научная дисциплина представляет собой науку об ... в физическом воспитании и спорте.*
4. Какой контроль в спорте называют комплексным?
5. Назовите фамилию ученого.  
*Становление и развитие предмета «Спортивная метрология» предопределило высказывание британского физиолога, Нобелевского лауреата ...*
6. Назовите фамилию ученого, который первым заинтересовался «кривой рекордов»?
7. Выберите правильный ответ.  
*Учебный предмет «Спортивная метрология» стал изучаться в XX в.: а) в 50-х годах; б) 60-х годах; в) 70-х годах; г) 80-х годах.*
8. Назовите положения (направления), которые изучаются на занятиях по спортивной метрологии в современном вузе. Ответ засчитывается, если правильно указано не менее трех направлений.

9. Выберите правильный ответ.

*Первая единая система мер была разработана: а) в России; б) Англии; в) Франции; г) Германии.*

10. В каком веке появилась десятичная система мер?

11. Вставьте пропущенные слова.

*Первая система мер (десятичная) включала лишь единицы длины, массы, ..., ... вместимости.*

12. Выберите правильный ответ.

*Международная система единиц (СИ) была принята: а) в 1958 г.; б) 1959 г.; в) 1960 г.; г) 1961 г.*

13. Сколько основных единиц включает современная система СИ?

14. Назовите основные единицы СИ (величины и их названия). Ответ засчитывается, если названы хотя бы четыре величины.

15. Какие единицы измерения называют вместительными? Обязательно приведите пример.

На выполнение письменной работы отводится 20 мин второй половины занятий.

### **Рекомендуемая литература**

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.

2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов. / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## **Занятие 2**

### **УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ**

#### **Вопросы для обсуждения**

1. Понятие «система»: характеристика, состояние.
2. Управление системой как процесс.
3. Необходимость обеспечения обратной связи о состоянии системы.
4. Специфика и сложности управления в спортивной тренировке.
5. Педагогический контроль в спортивной тренировке: направления, основные действия.

## Вопросы и задания для письменного контроля

1. Продолжите предложение.

*Всякая система состоит из элементов, которые ...*

2. Вставьте пропущенное слово.

*Величину, характеризующую какое-либо свойство системы, называют ... .*

3. В контексте понятия «свойство системы» ответьте, как соотносятся друг с другом характеристика, переменная, показатель, параметр?

4. Выберите правильный ответ.

*Совокупность значений существенных переменных системы – это:*

*а) объем системы; б) величина системы; в) содержание системы; г) состояние системы.*

5. Вставьте пропущенное слово.

*Точка, отражающая на графике состояние системы, называется ...*

6. Что такое пространство состояний системы?

7. Как на графике изображается изменение состояния системы?

8. Вставьте пропущенное слово.

*Обратные связи в системе управления обеспечивают ... над управлением объектом.*

9. Закончите предложение.

*К основным средствам управления за физическим состоянием человека относятся ... .*

10. Выберите правильный ответ.

*Сложность управления в спортивной тренировке заключается в том, что: а) тренер не может непосредственно управлять изменением спортивных результатов; б) утверждение изначально неверно; в) тренер просто не готов к этой деятельности; г) спортсмен всегда этому сопротивляется (в т.ч. бессознательно).*

11. В чем отличие кумулятивного тренировочного эффекта от срочного?

12. Закончите предложение.

*При правильном построении процесса тренировки кумулятивный тренировочный эффект выражается в повышении ... и ... .*

13. Почему при применении одинаковой тренировочной нагрузки может возникать разный тренировочный эффект?

14. Дополните перечень направлений в педагогическом контроле в спортивной тренировке:

- *данные о срочном тренировочном эффекте;*
- *сведения о кумулятивном тренировочном эффекте;*
- *...;*
- *....*

На выполнение письменной работы отводится 30 мин второй половины занятий.

### **Рекомендуемая литература**

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов. / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## **Занятие 3**

### **ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

#### **Вопросы для обсуждения**

1. Понятие «измерение». Проблемы измерения в спорте.
2. Характеристики шкал измерений, применяемых в спорте.
3. Погрешность. Классификация погрешностей.
4. Меры – средства измерений.
5. Измерительные преобразователи, установки и системы, принадлежности.
6. Проверка и калибровка средств измерений.
7. Характеристика методов проверки средств измерений.

#### **Вопросы и задания для письменного контроля**

1. Выберите правильный ответ.  
*Результатом (последним шагом) измерений является: а) определение параметров измерений; б) снятие показателей с приборов; в) устраи-*



нение случайных факторов; г) определение во сколько раз полученный результат больше (меньше) эталонного.

2. Для чего служит шкала наименований?

3. Каких видов шкал не хватает в приведенном перечне?

*Виды шкал: наименований, ..., ... отношений.*

4. Приведите примеры использования шкалы отношений в спорте.

5. Назовите две основных причины появления погрешностей в измерениях.

6. Вставьте пропущенное слово.

*Относительная погрешность бывает двух видов: действительная и ...*

7. Каким образом устанавливается действительная относительная погрешность? Для этого прокомментируйте (опишите) формулу

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

8. Дополните группу систематических погрешностей:

– *погрешности известного происхождения и известной величины;*

– *...;*

– *погрешности неизвестного происхождения и неизвестной величины.*

9. Какого средства измерения не хватает в приведенном ряду?

*Средства измерений: меры, преобразователи, ..., измерительные установки и системы.*

10. Установите соответствие.

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1. Мера.                              | а) вспомогательные средства измерений величин;  |
| 2. Измерительные установки и системы. | б) средство измерений, которое служит для преобразования сигнала в форму, удобную для обработки и хранения;   |
| 3. Измерительные принадлежности.      | в) средство измерения, предназначенное для воспроизведения физических величин заданного размера;  |
| 4. Измерительные приборы.             | г) совокупность средств измерений, обозначенных по функциональному признаку со вспомогательными устройствами для измерения одной или нескольких физических величин; |

5. Измерительные преобразователи. д) средства измерений, которые позволяют получить измерительную информацию в форме, удобной для восприятия пользователем.

11. На практике используют однозначные и многозначные меры, наборы и магазины мер. Приведите примеры каждого вида мер.

12. Для чего необходима проверка средств измерений?

13. Допишите недостающие виды проверок средств измерений:  
*первичная, ..., ..., ..., экспертная.*

14. Калибровка средств измерений – операция обязательная или добровольная?

15. Кем осуществляется проверка (тарирование) средств измерений?

16. Допишите недостающие методы проверки средств измерения:

– *непосредственное сличение с эталоном;*

– *...;*

– *....*

17. Что такое компаратор?

На выполнение письменной работы отводится 30 мин второй половины занятий.

### **Рекомендуемая литература**

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.

2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов. / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ТЕСТЫ

### (УЭ 11–18)

1. Допишите определение.

*Квалиметрия изучает и разрабатывает количественные методы ...*

2. Вставьте пропущенную группу методических приемов.

*Методические приемы квалиметрии, применяемые в спорте, делятся на две группы: ... и инструментальные.*

3. Оценка, полученная путем выяснения мнений специалистов, называется:

*а) количественной; б) экспертной; в) комплексной; г) специальной.*

4. Вставьте пропущенное слово.

*Современная экспертиза состоит из следующих процедур: организационные, логические и ... .*

5. Проведение экспертизы (в т.ч. в спорте) включает следующие этапы:

*а) формирование цели; б) подбор экспертов; в) ...; г) ...; д) ... .*

6. Вставьте пропущенное слово.

*Подбор экспертов осуществляется с помощью определения эффективности их деятельности и с помощью ... .*

7. Для решения крупных деловых (спортивных) проблем часто используют метод:

*а) предпочтения (ранжирования); б) спора; в) независимых характеристик; г) «Дельфы».*

8. Анкета – опросный лист, содержащий вопросы, на которые необходимо ответить:

*а) письменно; б) устно; в) по желанию.*

9. Вставьте пропущенное слово.

*Анкета состоит из двух частей: демографической и ... .*

10. Отметьте характеристики, которые относятся к вопросам анкеты.

*Вопросы анкеты бывают: а) развернутыми или свернутыми; б) открытыми или закрытыми; в) безусловными или условными; г) простыми или сложными; д) прямыми или косвенными.*

11. Вставьте пропущенное слово.

*Система измерительной аппаратуры в спорте включает: датчики информации, ..., регистрирующее устройство, вычислительное устройство.*

12. Установите соответствие.

*Результаты фото- и киносъемки, предназначенные для визуального изучения движения, представляются в следующем виде:*

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 1. Фотосъемка.    | а) отпечатанный на фотобумаге отрезок киноленты;                                |
| 2. Кинофильм.     | б) отрезок киноленты, склеенный в кольцо для многократного просмотра            |
| 3. Кинокольцовка. | в) изображение зафиксировано на неподвижной пластине                            |
| 4. Кинограмма.    | г) фотографирование отдельных поз спортсмена следующими один за другим кадрами. |

13. Совокупность прерывистых линий, воспроизводящих траектории звеньев движущегося тела, называется:

*а) кинограммой; б) стробогаммой; в) циклограммой.*

14. Вставьте пропущенное слово.

*Опико-электронные методы регистрации движения подразделяются на телевизионные и ...*

15. Вставьте пропущенное слово.

*Телевизионные методы регистрации движения – телециклография и ...*

16. Метод, при котором траектория движения регистрируется телевизионной камерой и воспроизводится на телевизионном экране, называется:

*а) телециклографией; б) видеозаписью; в) фотографическим процессом; г) кинокольцовкой.*

17. Вставьте пропущенное слово.

*Опико-электронные излучатели, которые используются для контроля за спортсменом, – светодиод и ...*

18. Кривая измерения электрического потенциала скелетных мышц называется:

*а) электрокардиограмма; б) электромиограмма; в) циклограмма; г) стробогамма.*

19. Установите соответствие.

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1. Акселерометрия. | а) методы измерения угловых перемещений; |
|--------------------|--|

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 2. Спидометрия.   | б) регистрация колебания тела в положении шкал;                   |
| 3. Ганометрия.    | в) раздел измерительной тактики, посвященный измерению ускорений; |
| 4. Стабилография. | г) бесконтактное измерение скорости на прямых отрезках дистанции. |

20. Получение информации зрительно или на слух называется:

*а) трансформацией; б) телепортацией; в) индикацией; г) стабилизацией.*

21. Вставьте пропущенное слово.

*Индикаторы делятся на ... и цифровые.*

22. Допишите определение.

*Всесторонняя проверка уровня подготовленности спортсмена (физкультурника), проводимая во время этапных или углубленных обследований, регистрация показателей физического и психического состояния, уровня технико-тактического мастерства, особенностей соревновательной деятельности называется ...*

23. Создание программы комплексного контроля включает в себе следующие этапы:

*а) логический анализ соревновательной деятельности с выявлением обуславливающих ее эффективность; б) подбор тестов, позволяющих оценить эти факторы; в) ...; г) ...; д) ...; е ...*

24. Вставьте пропущенное слово.

*Стороны подготовленности спортсмена, подлежащие контролю, — это здоровье, телосложение, ...*

25. Установите соответствие.

- |   |   |
|---|---|
| 1. Контроль за технической подготовленностью. | а) определяется общим числом действий, которые выполняет спортсмен на тренировочных занятиях и соревнованиях; |
| 2. Контроль за объемом техники.               | б) включает оценивание того, что умеет делать спортсмен и как он выполняет освоенные движения;                |
| 3. Контроль за разносторонностью техники.     | в) связан с определением способов ведения спортивной борьбы;  |

4. Контроль за эффективностью техники. г) связан с определением стабильности техники и оценкой ее устойчивости;
5. Контроль за освоенностью техники. д) определяется по степени ее близости к индивидуально оптимальному варианту;
6. Контроль за спортивной техникой. е) определяется степенью разнообразия двигательных действий, которыми владеет спортсмен.

26. Контроль за технической подготовленностью в спортивных играх, единоборствах, гимнастике, фигурном катании на коньках чаще всего осуществляется методом наблюдения:

*а) визуальным; б) инструментальном; в) и тем и другим.*

27. Видеомagneтофонная техника при контроле за технической подготовленностью спортсмена широко применяется для того, чтобы:

*а) ...; б) при систематической видеозаписи иметь видеотеку движений и анализировать их изменения в динамике; в) использовать стоп-кадр, а также замедленно показывать действия, что повышает достоверность их анализа; г) устранить влияние соревновательной обстановки на процесс наблюдения.*

28. Вставьте пропущенное слово.

*Объем техники спортсмена бывает соревновательным и ...*

29. Соревновательный объем техники – величина стабильная (почему?) или вариативная (почему?)?

30. Разносторонность технической подготовленности спортсмена выше:

*а) при соревновательной деятельности; б) тренировочной деятельности; в) одинакова в обоих случаях.*

31. Различают три группы показателей эффективности техники:

*а) абсолютную, условную, сравнительную; б) локальную, абсолютную, условную; в) абсолютную, сравнительную, реализационную; г) сравнительную, локальную, условную.*

32. Когда значения показателей техники исследуемого движения сопоставляются с эталонами, выбранными на основе биомеханических, физиологических, психологических и эстетических соображений, то таким образом определяют эффективность техники:

*а) абсолютную; б) условную; в) сравнительную; г) реализационную.*

33. Допишите.

*Выделяют два основных направления в контроле за освоенностью движением: определение стабильности техники и ...*

34. Устойчивость техники освоенного движения спортсмена снижается по причине:

*а) эмоционального возбуждения; б) утомления спортсмена; в) ...; г) ... .*

35. Что относится к элементам тактики?

*а) тактические ходы; б) тактический замысел; в) тактико-тактические действия; г) приемы психологического воздействия на спортсмена; д) выбор позиции; е) маскировка намерений.*

36. Допишите недостающие показатели тактического мастерства.

*Выделяют пять групп количественных показателей тактического мастерства – это показатели объема, ..., рациональности, эффективности и ... тактики.*

37. В какой из групп перечислено разнообразие тактических ходов?

*а) монотонные, активные, неожиданные, замедленные; б) замедленные, активные, неожиданные, дезинформирующие; в) дезинформирующие, активные, неожиданные, замедленные; г) монотонные, неожиданные, дезинформирующие, страховочные.*

38. Возможны три основных варианта тестирования физической подготовленности спортсмена:

*а) ...;*

*б) ...;*

*в) оценка уровня развития одной из форм проявления двигательных качеств.*

Допишите недостающие. Каждая правильная позиция отмечается одним баллом.

39. При тестировании физической подготовленности спортсмена необходимо предварительно выполнить несколько действий:

*а) определить цель тестирования; б) обеспечить стандартизацию измерительных процедур, а также: в) ...; г) ...; д) ...; е) ...*

40. Принято выделять элементарные формы проявления скоростных качеств:

*а) сложные; б) комплексные; в) развернутые; г) составные.*

41. Форма проявления скоростных качеств, включающая такие характеристики, как время реакции, время одиночного движения; частота (темп) локального движения, называется ...

*а) элементарной; б) сложной; в) комплексной; г) составной.*

42. Быстрота выполнения сложных движений – это ... форма проявления скоростных качеств:

*а) сложная; б) элементарная; в) комплексная; г) развернутая.*

43. Вставьте пропущенное слово.

*Время выполнения любого упражнения обычно складывается из двух переменных: времени реакции (ВР) и ...*

44. Реакции выполнения любого упражнения бывают:

*а) однозначными и многозначными; б) ускоренными и замедленными; в) заметными и незаметными; г) простыми и сложными.*

45. Вставьте пропущенное слово.

*Контроль за быстротой движения осуществляется двумя способами: ... и автоматическим.*

46. Способность преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему посредством мышечных напряжений называют качествами:

*а) ловкости; б) выносливости; в) силовыми; г) скоростными.*

47. Первые механические устройства для измерения силы человека были созданы:

*а) в XVII в.; б) XVIII в.; в) XIX в.; г) XX в.*

48. Установите соответствие.

При контроле за силовыми качествами учитывают три группы показателей:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| 1. Основные.         | а) импульс силы;   |
| 2. Интегральные.     | б) градиент силы;  |
| 3. Дифференциальные. | в) мгновенное значение силы в какой-либо момент движения – средняя сила. |

49. Наибольшее распространение в практике получило измерение силы с помощью:

*а) измерительных устройств; б) без использования измерительной аппаратуры; в) эти два способа в равной мере используются; г) комплексное применение измерительной аппаратуры и других способов.*



50. Допишите недостающее требование.

*Специфические требования к измерению силовых качеств включают определения и стандартизацию положение тела (сустава), учет смены сегментов тела при измерении момента силы и учет ...*

51. Бег на третбане, педалирование на велоэргометре, степ-тесте – это ... тесты определения выносливости:

*а) специфические; б) неспецифические; в) стандартные; г) предложенные по случайному признаку.*

52. Возможность человека выполнять физическую работу – это:

*а) сила; б) выносливость; в) физическая работоспособность; г) ловкость.*

53. Допишите.

*Для измерения выносливости используют эргометрические показатели, гетерогенные тесты, ...*

54. Вставьте пропущенное слово.

*Добротность тестов выносливости оценивается с помощью метода ... либо метода параллельных форм.*

55. ... – это сложное двигательное качество, проявления которого многообразно.

*а) гибкость; б) ловкость; в) выносливость; д) скорость.*

56. Гибкость различают:

*а) устойчивую и неустойчивую; б) различимую и неразличимую; в) полную и частичную; д) активную и пассивную.*

57. Установите соответствие. Измеряются с помощью приборов:

- |                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| 1. Гониометр.                     | а) силу;     |
| 2. Электромеханический спидограф. | б) гибкость; |
| 3. Динамометр.                    | в) скорость. |

## УЭ-16

58. Установите соответствие характеристики тренировочных средств:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 1. Специализированность. | а) определяет степень воздействия упражнения на организм спортсмена; |
|--------------------------|--|

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| 2. Направленность.            | б) показатель, влияющий на величину тренировочного эффекта;   |
| 3. Координационная сложность. | в) мера сходства данного тренировочного упражнения с соревновательным;                                    |
| 4) Величина нагрузки.         | г) проявляется в воздействии тренировочного упражнения на развитие того или иного двигательного качества. |

59. Допишите.

*Если специализированные упражнения используются как средства специальной подготовки, то неспециализированные упражнения используются как средства ...*

60. Вставьте пропущенное слово.

*К специализированным упражнениям относятся элементы ... действий, их варианты.*

61. Расшифруйте аббревиатуру.

*Для классификации упражнений по их влиянию на развитие двигательных качеств используют показатели КТЭ и СТЭ.*

62. Показатели СТЭ наиболее часто используют в видах спорта:

*а) легкой атлетике; б) видах спорта усилительного характера; в) тяжелой атлетике; г) спортивных играх.*

63. Определить координационную сложность тренировочных упражнений можно при наблюдениях:

*а) визуальных и инструментальных; б) визуальных; в) инструментальных; г) с помощью наблюдения определить невозможно.*

64. Контроль координационной сложностью упражнений необходим, т.к. его отсутствие может:

*а) способствовать снижению технического мастерства; б) способствовать снижению интереса к спорту; в) способствовать возникновению технической напряженности; г) способствовать нарушению системности тренировок.*

65. Количественная мера тренировочных воздействий – это:

*а) специализированность нагрузки; б) координационная сложность нагрузки; в) направленность нагрузки; д) величина нагрузки.*

66. Допишите.

*Наиболее контролируемые характеристики величины нагрузки объем и ...*

67. Допишите.

*К основным показателям объема нагрузки относятся: время, затраченное на соревновательную и тренировочную деятельность и ...*

68. Измеряется количеством двигательных действий – это:

*а) объем нагрузки; б) интенсивность нагрузки; в) периодичность нагрузки; г) сложность нагрузки.*

69. Соревновательная нагрузка измеряется следующими показателями: число соревнований на протяжении этапа, а также:

*а) число побед на этих соревнованиях; б) число стартов на этих соревнованиях; в) продолжительность этих соревнований.*

70. Нагрузка соревновательного упражнения служит:

*а) ориентиром для подбора и распределения тренировочных упражнений; б) ориентиром для определения физических возможностей спортсмена; в) ориентиром для определения интенсивности подготовки; г) ориентиром для определения направленности нагрузки.*

71. Установите соответствие:

- |  |   |
|--|---|
| 1. Показатель спортивной подготовленности. | а) количественная характеристика любых свойств или состояний спортсмена;  |
| 2. Параметр спортивной подготовленности.   | б) качественная и (или) количественная характеристика любых свойств или состояний спортсмена;                       |
| 3. Признак спортивной подготовленности.    | в) численно характеризует степень проявления определенного свойства входящего в состав подготовленности спортсмена. |

72. Показатели подготовленности спортсмена классифицируются:

*а) по свойствам и действующим факторам; б) ...; в) ... (каждый правильно указанный класс, отмечается одним баллом).*

73. Важность показателей спортивной подготовленности в том, что они:

*а) влияют на имидж спортсмена; б) являются для спортсмена ведущим показателем его психологического состояния; в) значение их слишком преувеличено; г) являются основой для оценивания уровня спортивно-технического мастерства спортсмена.*

74. Закончите предложение.

*Количество показателей спортивной подготовленности, подлежащих включению в планы подготовки спортсменов и типовых программ их комплексных обследований, может быть различным в зависимости от целей и ...*

75. Допишите.

*Важнейшие компоненты соревновательной надежности – помехоустойчивость и ...*

76. Разработка практических методик контроля и оценивания соревновательной надежности спортсмена может быть обеспечена решением следующих задач:

*а) составление справочных таблиц накопленных данных; б) ...; в) ...; г) ...*

77. Спортивные психологи выделяют следующие наиболее существенные личностные качества выдающихся спортсменов: достаточно высокую общую одаренность; быстрый темп психических процессов; высокий уровень притязаний, уверенность в себе, склонность к риску, стремление к лидерству, открытый характер, чувство юмора; интерес к спортивной деятельности. А также:

*а) сильная воля, яркая выраженность отдельных психических процессов; б) яркая выраженность отдельных психических процессов, целеустремленность; в) эмоциональная устойчивость, сильная воля; г) эмоциональная устойчивость, умение планировать свою деятельность.*

78. Установите соответствие. Критерии оценивания спортивной подготовленности:

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1. Критерий объективности.      | а) система оценивания не должна опираться на организационные формы, не применяемые в действующей практике управления подготовкой спортсменов;                                   |
| 2. Критерий системности.        | б) разность оценивания не должна зависеть от субъективного мнения лиц, выполняющих это действие;  |
| 3. Критерий целенаправленности. | в) оценивание спортивной подготовленности должно быть относительно просто в освоение, не требующим чрезмерно высокого уровня квалификации лиц, осуществляющих эту деятельность; |

- |   |   |
|---|---|
| 4. Критерий надежности и достоверности. | г) способствует унификация методов и способов организации оценивания, сопоставимости результатов в различных спортивных дисциплинах;                        |
| 5. Критерий универсальности.            | д) состоит в необходимости использования взаимосвязанных оценок;  |
| 6. Критерий простоты и доступности.     | е) понимается как слабая чувствительность и к изменению условий осуществления оценивания, и к искусственным помехам;  |
| 7. Критерий практической реализуемости. | д) процедура организации, осуществления оценивания и использования его результатов, которые обязаны способствовать совершенствованию спортивных достижений. |

79. Деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивающих право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда, – это:

*а) унификация; б) стандартизация; в) экономизация.*

80. Закон Республики Беларусь «О стандартизации» принят:

- а) в 1997 г.;
- б) 1994 г.;
- в) 1995 г.;
- г) 1996 г.

81. Допишите.

*Объектом (предметом) стандартизации обычно называют продукцию, ..., ... .*

82. Какие задачи решает стандартизация? (каждая указанная задача, отмечается одним баллом)

- а) устанавливает требования по совместимости и взаимозаменяемости продукции;*
- б) ...;*
- в) ...;*
- ...*
- и) ...*

83. В современных условиях стандартизация выполняет функции:

*а) экономическую, организационную, коммуникативную; б) экономическую, организационную, социальную; в) социальную, коммуникативную, управленческую; г) коммуникативную, перспективную, организационную.*

84. Допишите.

*К методам осуществления стандартизации относятся: унификация и ...*

85. Унификация как метод стандартизации заключается:

*а) в создание единого шаблона;  
б) создание общего алгоритма действий;  
в) разработке и установлении типовых, конструктивных, технологических, организационных и других решений;  
г) рациональном сокращении числа элементов одинакового функционального назначения.*

86. Допишите.

*Взаимозаменяемость как свойство изготовленных деталей бывает геометрической и ... .*

88. Метрологический паспорт выполняется как приложение к типовой программе комплексного обследования спортсменов и содержит следующие разделы:

*а) задания на измерения; б) ...; в) обеспечение измерений; г) краткие данные по результатам измерений.*

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

## Введение

Методические указания к лабораторным работам по учебной дисциплине «Спортивная метрология» подготовлены в соответствии с базовой учебной программой.

Соответствующим разделом программы предполагается выполнение девяти лабораторных работ, представленных в данном пособии. Направленность тематики – формирование у будущих учителей физической культуры компетенции осуществления комплексного контроля в физическом воспитании и спорте и использования его результатов в планировании предстоящей деятельности.

Контроль в физическом воспитании и спорте начинается с измерений. Для этого нужно знать, что и как измерять, какие показатели являются наиболее информационными. Будущий учитель (тренер) должен уметь подбирать и применять адекватные задачам контроля систематические методы, интерпретировать полученные результаты.

В методических указаниях основное внимание акцентируется на усвоении студентами операций, связанных с применением различных статистических методов, математических действий при контроле за функциональным состоянием спортсмена (физкультурника).

Представленные в пособии лабораторные работы составлены по темам, изучаемым студентами на третьем году обучения. Каждая лабораторная работа включает название темы работы с указанием количества часов, отведенных на ее выполнение, дидактическую цель, перечень необходимого оборудования и материалов, пример выполнения действий и требования к оформлению отчета.

Для самоконтроля за усвоением учебного материала студентам предложены вопросы.

Итогом выполнения лабораторных работ является представление результатов заданий и краткое устное объяснение способа и хода его выполнения.

## Общие правила и рекомендации по выполнению лабораторных работ

Выполнение работы рассчитано на 90 минут.

Лабораторные работы выполняются индивидуально. В отдельных работах допускается деятельность в микрогруппах.

Ход работы предполагает инструктаж преподавателя, ознакомление студентов с информационными материалами и получение допуска к выполнению работы, непосредственное выполнение заданий студентами, подготовку и оформление отчета, защиту работы.

Итоговая отметка выставляется по 10-балльной шкале по результатам каждой работы, отчеты по которой сдаются на следующем занятии:

Балл	Критерий оценивания
10	Правильно выполнены расчеты, сделаны выводы, отчет оформлен аккуратно
9	Правильно выполнены расчеты, сделаны выводы, допущена неточность в оформлении отчета
8	Правильно выполнены расчеты, помощь преподавателя при формулировке выводов, отчет оформлен аккуратно
7	Расчеты выполнены с незначительными ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, отчет оформлен аккуратно
6	Расчеты выполнены с консультацией преподавателя, в выводах допущены неточности, отчет оформлен аккуратно
5	С ошибками выполнены расчеты, сделаны выводы, отчет оформлен небрежно
4	Большая часть расчетов выполнена правильно, выводы имеют общий характер, отчет оформлен небрежно
3	Не выполнены расчеты, выводы не сделаны или не выражают суть работы, отчет оформлен небрежно

Отчеты по лабораторным работам выполняются каждым студентом в отдельной школьной тетради (12 листов).

Примеры оформления титульного листа тетради и отчета по каждой лабораторной работе даны в приложениях 9, 10.



## Лабораторная работа 1 ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

**Цель работы:** научить студентов решать задачи, используя различные виды комбинаций: перестановку, размещение, сочетание.

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить темы раздела «Основы теории вероятности».

**Время работы:** 2 ч.

### Пример

Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 4 человека?

Решение:

Для вычисления этого вида комбинации необходимо использовать следующую формулу:

$$P_n = n!$$

Искомое число расстановки 4 человека:

$$P_n = 4! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24.$$

Таблица 1. – Вычисление вида комбинации – перестановка

$n$	$n!$	$n$	$n!$
0	1	6	720
1	1	7	5040
2	2	8	40320
3	6	9	362880
4	24	10	3628800
5	120		

**0! = 1 по определению!**

Ответ: можно совершить 24 варианта построения, если в ряду стоят 4 человека.

### Пример

В мешке 5 шариков разных цветов. Сколько способов можно выбрать один цвет. Достать сначала красный, затем синий?

Решение:

Для вычисления этого вида комбинации необходимо использовать следующую формулу:

$$A_n^m = n(n-1) \cdot (n-2) \dots$$

$$A_5^1 = 5(5-1) = 5 \cdot 4 = 20.$$

**Ответ:** можно выбрать 20 способами один цвет.

### Пример

Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в пляжном волейболе, если в игре участвуют 5 человек?

Решение:

Для вычисления этого вида комбинации необходимо использовать следующую формулу:

$$C_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

$$C_5^2 = \frac{5!}{2!(5-2)!} = \frac{5!}{2! \cdot 3!} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5!}{1 \cdot 2! \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3!} = \frac{120}{2 \cdot 6} = \frac{120}{12} = 10.$$

**Ответ:** можно выпустить 10 вариантов сочетания игроков в пляжном волейболе.

## Задания для самостоятельной работы

### Вариант 1

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 2 человека?

2. В мешке 2 шарика разных цветов:

- Сколько способов позволит выбрать 1 цвет?
- Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?

3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в пляжном волейболе, если в игре участвуют 6 человек?

### **Вариант 2**

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 3 человека?
2. В мешке 2 шарика разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 2 цвета?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в пляжном волейболе, если в игре участвуют 7 человек?

### **Вариант 3**

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 5 человек?
2. В мешке 2 шарика разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 3 цвета?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в пляжном волейболе, если в игре участвуют 8 человек?

### **Вариант 4**

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 6 человек?
2. В мешке 3 шарика разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 1 цвет?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в волейболе, если в игре участвуют 8 человек?

### **Вариант 5**

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 7 человек?
2. В мешке 3 шарика разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 2 цвета?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в волейболе, если в игре участвуют 9 человек?

### **Вариант 6**

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 8 человек?
2. В мешке 3 шарика разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 3 цвета?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в волейболе, если в игре участвуют 10 человек?

### **Вариант 7**

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 9 человек?
2. В мешке 4 шарика разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 1 цвет?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в баскетболе, если в игре участвуют 7 человек?

### **Вариант 8**

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 10 человек?
2. В мешке 4 шарика разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 2 цвета?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в баскетболе, если в игре участвуют 8 человек?

### **Вариант 9**

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 11 человек?
2. В мешке 4 шарика разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 3 цвета?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в баскетболе, если в игре участвуют 9 человек?

### Вариант 10

1. Сколько вариантов построения можно совершить, если в ряду стоят 12 человек?
2. В мешке 5 шариков разных цветов:
  - Сколько способов позволит выбрать 1 цвет?
  - Сколько способов позволит достать сначала красный, затем синий?
3. Сколько различных вариантов сочетания игроков можно выпустить в гандболе, если в игре участвуют 9 человек?

### Литература

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## Лабораторная работа 2

### УПОРЯДОЧИВАНИЕ И ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

**Цель работы:** научить студентов определять размах выборки, шаг интервала, границы интервала, частоту, накопленную частоту, частность, накопленную частность ранжированного ряда.

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить тему «Одномерные ряды результатов измерений».

**Время работы:** 2 ч.

### Пример

Предположим, что у баскетболистов Полоцкого государственного университета измерили силу левой кисти. Результат измерений (кг) ( $n = 15$ ): 65, 53, 50, 60, 65, 70, 56, 50, 55, 65, 64, 67, 54, 64, 80.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

Решение:

Для вычисления необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1. Проранжировать результат измерений силы левой кисти:  
50, 50, 53, 54, 55, 56, 60, 64, 64, 65, 65, 65, 67, 70, 80.
2. Разбить выборку на интервалы по формуле американского статистика Стерджесса:

$$k \approx 1 + 3,32 \times \lg(n) = 1 + 1,44 \times \ln(n).$$

$$k \approx 1 + 3,322 \cdot 18 \approx 5.$$

3. Определить шаг интервала по формуле

$$h = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k},$$

где  $X_{\max}$  – максимальный результат измерений в выборке;  
 $X_{\min}$  – минимальный результат.

$$h = \frac{66 - 50}{5} = 4 \text{ (кг)}.$$

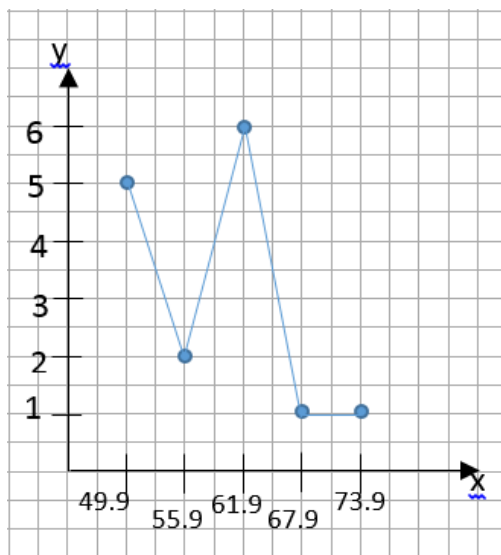
4. На основе значений  $k$  и  $h$  заполнить таблицу 1.
5. В столбец 1 записать порядковые номера интервалов.
6. Столбец 2 получают следующим образом: выбрать значение  $x$  (нижнюю границу 1-го интервала), равную  $x_{\min}$  (из ранжированного ряда), и прибавить шаг интервала, т.е. 6, полученный результат записать в графу, т.е.  $50 + 6 = 56$ ; получают верхнюю границу 1-го интервала (она же является нижней границей 2-го интервала); далее  $56 + 6 = 62$  и т.д.

Таблица 1. – Вариационный ряд измерений

№ интервала	Граница интервала	Частота	Накопленная частота	Частность	Накопленная частность
1	2	3	4	5	6
1	50–56	5	5	5/15	5/15
2	56–62	2	7	2/15	7/15
3	62–68	6	13	6/15	13/15
4	68–74	1	14	1/15	14/15
5	74–80	1	15	1/15	15/15

7. Столбец 3 определяет **частоту** значений выборки в каждом интервале. Она определяется числом результатов измерений, попавших в данный интервал.
8. Анализ вариационных рядов представляется графически.

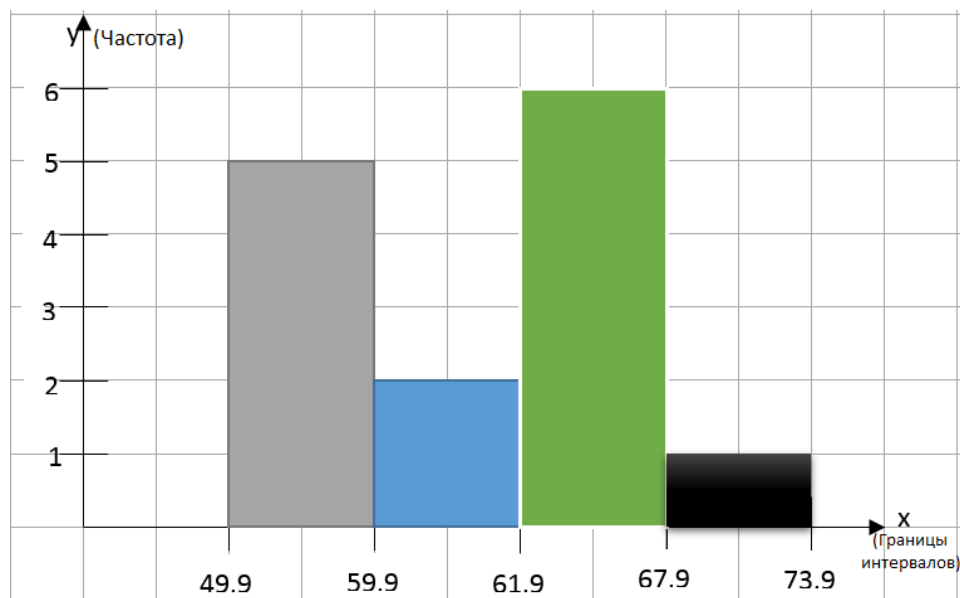
8.1. **Полигон распределения** (рисунок 1). График строится в прямоугольной системе координат. Величины измеряемого показателя откладываются на оси абсцисс, частоты (частности) – на оси ординат.



на оси абсцисс – середины интервалов; на оси ординат – частоты

Рисунок 1. – Полигон распределения

8.2. **Гистограмма распределения** (рисунок 2).

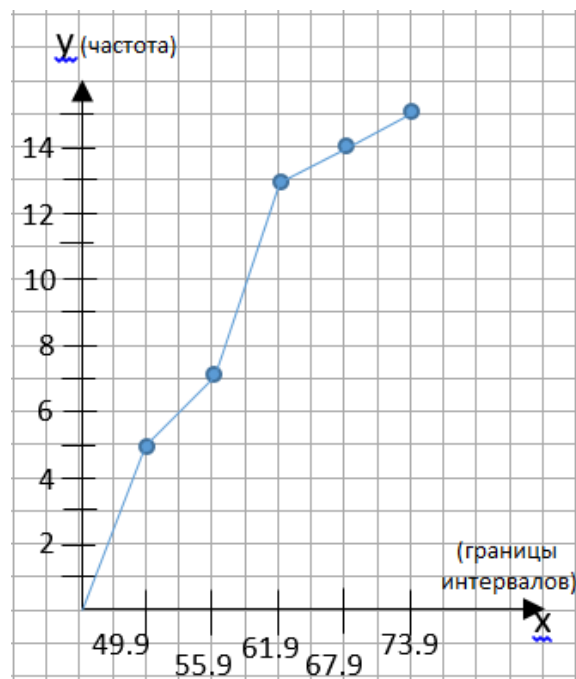


на оси абсцисс – интервалы; на оси ординат – частоты

Рисунок 2. – Гистограмма

График строится аналогично полигону распределения, однако на оси абсцисс откладываются не точки (середины интервалов), а отрезки, отображающие интервал, а на оси ординат – частоты.

8.3. **Кумулята** (рисунок 3). График строится в прямоугольной системе координат. На оси ординат откладываются отрезки, длина которых пропорциональна накопленной частоте, или частности, а на абсциссе – значения измеряемого показателя.



на оси абсцисс – интервалы; на оси ординат – частность

Рисунок 3. – Кумулята

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

Даны результаты измерения у баскетболистов Полоцкого государственного университета силу левой кисти (кг):

35; 23; 20; 30; 35; 40; 26; 20; 25; 35; 34; 37; 24; 34; 50.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.



### **Вариант 2**

Даны результаты измерения у баскетболистов Полоцкого государственного университета силу правой кисти (кг):

45; 33; 30; 40; 45; 50; 36; 30; 35; 45; 44; 47; 34; 44; 60.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Вариант 3**

Даны результаты измерения у баскетболистов Полоцкого государственного университета силу правой кисти (кг):

55; 43; 40; 50; 55; 60; 46; 40; 45; 55; 54; 57; 54; 44; 70.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Вариант 4**

Даны результаты измерения у баскетболистов Полоцкого государственного университета силу левой кисти (кг):

65; 53; 50; 60; 65; 70; 56; 50; 55; 65; 64; 67; 54; 64; 80.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Вариант 5**

Даны результаты измерения у баскетболистов Полоцкого государственного университета силу левой кисти (кг):

75; 63; 60; 70; 75; 80; 66; 60; 65; 75; 74; 77; 64; 74; 90.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Вариант 6**

Даны результаты измерения у баскетболистов Полоцкого государственного университета силу левой кисти (кг):

85; 73; 70; 80; 85; 90; 76; 70; 75; 85; 84; 87; 74; 84; 100.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Вариант 7**

Даны результаты прыжка в длину с разбега способом согнув ноги у студентов 4 курса (м):

4,50; 4,10; 4,70; 4,40; 4,90; 4,20; 4,10; 4,40; 4,90; 5,10; 4,50; 5,30; 5,10; 5,40; 5,30.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Вариант 8**

Даны результаты прыжка в длину с места у студентов 3 курса (м):  
2,50; 2,10; 2,70; 2,40; 2,90; 2,20; 2,10; 2,40; 2,90; 3,10; 2,50; 3,30; 3,10;  
3,40; 3,30.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Вариант 9**

Даны результаты тройного прыжка у студентов 2 курса (м):  
3,50; 3,10; 3,70; 3,40; 3,90; 3,20; 3,10; 3,40; 3,90; 4,10; 3,50; 4,30; 4,10;  
4,40; 4,30.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Вариант 10**

Даны результаты прыжка в длину с места у студентов 1 курса (м):  
1,50; 1,10; 1,70; 1,40; 1,90; 1,20; 1,10; 1,40; 1,90; 2,10; 1,50; 2,30; 2,10;  
2,40; 2,30.

Рассчитать упорядочивание и графическое представление ряда измерений. Сделать вывод.

### **Литература**

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## **Лабораторная работа 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЯДА ИЗМЕРЕНИЙ**

**Цель работы:** научить студентов определять статистические характеристики ряда вариант, оценивающих центральную тенденцию выборки.

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить тему «Одномерные ряды результатов измерений».

**Время работы:** 2 ч.

### Пример

Даны результаты измерений ( $x$ ) прыжков в длину с места у учащихся (девочек) 5-го класса (см):

150; 170; 165; 173; 160; 178; 177; 167; 163; 172; 170; 163; 172; 180; 170.

Решение:

Для вычисления необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1. Проранжировать результат измерений ( $x$ ) прыжка в длину с места: 150, 160, 163, 163, 165, 167, 170, 170, 170, 172, 172, 173, 177, 178, 180.

2. Найти моду ( $M_0$ ):

$$M_0 = 170.$$

3. Найти медиану ( $M_e$ ) по следующей формуле:

$$M_e = \frac{15+1}{2} = 8 \text{ число (170)}.$$

4. Расчеты удобнее проводить, используя табличную форму (таблица 1).

При этом во второй колонке записывают ранжированные индивидуальные значения признака (варианты). В третьей – разность между индивидуальными значениями и средней арифметической. В четвертой эта разность возводится в квадрат.

5. Найти среднее арифметическое значение выборки:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{2530}{15} \approx 168,7 \text{ (см)}.$$

6. Вычислить произведения ( $X_i - \bar{X}$ ) – столбец 3.

7. Вычислить сумму квадратов разностей  $\Sigma = (X_i - \bar{X})^2$  – столбец 4

(значение столбца 3 возвести в квадрат и полученный результат просуммировать).

8. Найти размах варьирования:

$$x_{\max} - x_{\min} = 180 - 150 = 30 \text{ (см)}.$$

9. Вычислить дисперсию:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{835,35}{15-1} = \frac{835,35}{14} = 59,67.$$

10. Вычислить среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{59,67} \approx 7,72 \text{ (см)}.$$

Таблица 1. – Расчет статистических показателей уровня и вариации

№	$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	2	3	4
1	150	-18,7	349,69
2	160	-8,7	75,69
3	163	-5,7	32,49
4	163	-5,7	32,49
5	165	-3,7	13,69
6	167	-1,7	2,9
7	170	1,3	1,69
8	170	1,3	1,69
9	170	1,3	1,69
10	172	3,3	10,89
11	172	3,3	10,89
12	173	4,3	18,49
13	177	8,3	68,89
13	178	9,3	86,49
15	180	1,3	127,69
	$\Sigma = 2530$		$\Sigma = 835,35$

11. Вычислить коэффициент вариации:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100\% = \frac{7,72}{168,7} \cdot 100\% \approx 4,6\%.$$

12. Вычислить стандартную ошибку средней арифметической:

$$m_{\bar{x}} = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{7,72}{\sqrt{15}} = \frac{7,72}{3,87} \approx 1,99.$$

Вывод:  $\bar{X} \pm m = 168,7 \pm 1,99$  (см).

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

Даны результаты подтягивания на перекладине у юношей 11 класса (кол-во раз):

$X_i$  – 10, 8, 13, 14, 7, 6, 8, 10, 4, 9, 7, 15, 17, 15.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

#### Вариант 2

Даны результаты кистевой динамометрии правой руки у студентов 3 курса (кг):

$X_i$  – 30, 34, 40, 40, 26, 36, 44, 30, 36, 45, 48, 50.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### **Вариант 3**

Даны результаты метания копья (м) у студентов:

$X_i$  – 49, 46, 44, 48, 43, 52, 56, 50, 54, 47, 51, 55, 57, 55, 58.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### **Вариант 4**

Даны результаты метания копья (м) у студентов:

$X_i$  – 29, 26, 24, 28, 23, 32, 36, 30, 34, 27, 31, 35, 37, 35, 38.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### **Вариант 5**

Даны результаты метания копья (м) у студентов:

$X_i$  – 39, 36, 34, 38, 33, 42, 46, 40, 44, 37, 41, 45, 47, 45, 48.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### **Вариант 6**

Даны результаты весовых категорий по гиревому спорту (кг) у студентов:

$X_i$  – 57, 62, 80, 53, 69, 47, 60, 58, 55, 60, 58, 78, 87, 70, 96.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### **Вариант 7**

Даны результаты весовых категорий по гиревому спорту (кг) у студентов:

$X_i$  – 67, 72, 90, 63, 79, 57, 70, 68, 65, 70, 68, 88, 97, 80, 106.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### **Вариант 8**

Даны результаты весовых категорий по гиревому спорту (кг) у студентов:

$X_i$  – 77, 82, 100, 73, 89, 67, 80, 78, 75, 80, 78, 98, 107, 90, 116.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### Вариант 9

Даны результаты весовых категорий по гиревому спорту (кг) у студентов:  
 $X_i$  – 87; 82; 110; 83; 99; 77; 90; 88; 85; 90; 88; 108; 117; 100; 126.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### Вариант 10

Даны результаты весовых категорий по гиревому спорту (кг) у студентов:  
 $X_i$  – 47, 52, 70, 43, 59, 37, 50, 48, 45, 50, 48, 68, 77, 60, 86.

Рассчитать статистические показатели характеристики уровня и вариации. Сделать вывод.

### Литература

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## Лабораторная работа 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВАНИИ КРИТЕРИЯ СТЬЮДЕНТА

**Цель работы:** научить студентов оценить достоверность различий двух выборочных средних арифметических для независимых выборок и для зависимости выборки (по критерию Стьюдента  $t$ ).

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить тему статистические критерии различий.

**Время работы:** 2 ч.

### Пример

Даны результаты бега 100 м в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с). Сделать вывод.

$x$ : 14,7; 15,3; 14,8; 16,0; 12,8; 13,6; 14,5; 16,3;

$y$ : 13,8; 14,7; 15,0; 12,7; 14,0; 16,0; 15,0; 14,8.

Решение:

Для вычисления необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1. Расчеты удобнее проводить, используя табличную форму (таблица 1). При этом во второй колонке записываются индивидуальные значения (варианты)  $x$ . В третьей – разность между индивидуальными значениями  $x$  и средним значением для данного ряда  $(X - \bar{X})$ . В четвертой эта разность возводится в квадрат  $(X - \bar{X})^2$ . В 5–7 колонках отражаются аналогичные показатели для ряда вариант  $y$ .

Таблица 1. – Расчет достоверности различий для зависимых выборок

№	$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$Y_i$	$(Y_i - \bar{Y})$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	2	3	4	5	6	7
1	14,7	-0,05	0,0025	13,8	-0,7	0,49
2	15,3	0,55	0,3025	14,7	0,2	0,04
3	14,8	0,05	0,0025	15,0	0,5	0,25
4	16,0	1,25	1,5625	12,7	1,8	3,24
5	12,8	-1,95	3,8025	14,0	-0,5	0,25
6	13,6	-1,15	1,3225	16,0	1,5	2,25
7	14,5	-0,25	0,0625	15,0	0,5	0,25
8	16,3	1,55	2,4025	14,8	0,3	0,09
	$\Sigma = 118$		$\Sigma = 9,46$	$\Sigma = 116$		$\Sigma = 6,86$

2. Найти среднее арифметическое значение выборки ( $\bar{X}$ ):

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{118}{8} = 14,75 \text{ см.}$$

3. Вычислить произведения  $X_i - \bar{X}$  – столбец 3.

4. Вычислить сумму квадратов разностей  $\Sigma = (X_i - \bar{X})^2$  – столбец 4 (значение столбца 4 возвести в квадрат и полученный результат просуммировать).

5. Вычислить дисперсию ( $\sigma_{\bar{x}}$ ):

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{9,46}{8-1}} = \sqrt{\frac{9,46}{7}} \approx 1,16 \text{ с.}$$

6. Вычислить стандартную ошибку средней арифметической ( $m_{\bar{x}}$ ):

$$m_{\bar{x}} = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\sqrt{n}} = \frac{1,16}{\sqrt{8}} = \frac{1,16}{2,83} = 0,41.$$

7. Вычислить среднее арифметическое значение выборки ( $\bar{Y}$ ):

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{116}{8} = 14,5.$$

8. Вычислить произведения  $Y_i - \bar{Y}$  – столбец 6.

9. Вычислить сумму квадратов разностей  $\sum (Y_i - \bar{Y})^2$  – столбец 7 (значение столбца 7 возвести в квадрат и полученный результат просуммировать).

10. Вычислить дисперсию ( $\sigma_{\bar{y}}$ ):

$$\sigma_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6,86}{8-1}} = \sqrt{\frac{6,86}{7}} \approx 0,99.$$

11. Вычислить стандартную ошибку средней арифметической ( $m_{\bar{y}}$ ):

$$m_{\bar{y}} = \frac{\sigma_{\bar{y}}}{\sqrt{n}} = \frac{0,99}{\sqrt{8}} = \frac{0,99}{2,83} = 0,35.$$

12. Вычислить статистический критерий по Стьюденту:

$$t = \frac{|\bar{X} - \bar{Y}|}{\sqrt{m_x^2 + m_y^2}} = \frac{14,75 - 14,5}{\sqrt{0,41^2 + 0,35^2}} = \frac{0,25}{\sqrt{0,1681 + 0,1225}} = \frac{0,25}{\sqrt{0,2906}} = \frac{0,25}{0,539073278} = 0,46.$$

13. Найти число степеней свободы:

$$K = n_x + n_y - 2 = 8 + 8 - 2 = 14.$$

14. Сравнить полученный результат степени свободы с табличным критическим значением  $t$ -критерия Стьюдента (приложение 3):

$$t_{табл(14)} = 2,15.$$

Таким образом,  $t < t_{табл(14)}$  – недостоверны.

Вывод: различия средних арифметических результатов бега на 100 м в экспериментальной и контрольной группах недостоверны при уровне значимости  $K = 0,05$ , т.к.  $t = 0,46 < t_{табл(14)} = 2,15$ .

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

Даны результаты бега на 500 м (коньки) в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 48,4; 49,0; 49,5; 49,8; 50,0; 50,2; 51,6; 51,0; 50,2; 50,3.

$y$ : 47,0; 47,2; 47,4; 47,5; 48,0; 48,2; 48,6; 48,8; 47,8; 49,5.



Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 2**

Даны результаты прыжка с места в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 2,40; 2,10; 2,50; 1,90; 2,75; 2,45; 2,65; 2,20.

$y$ : 2,30; 2,05; 2,15; 2,45; 2,55; 2,65; 2,50; 2,70.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 3**

Даны результаты бега на 100 м (коньки) в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 12,3; 12,5; 12,0; 12,6; 12,2; 12,4; 12,6; 12,0; 12,1.

$y$ : 13,6; 13,7; 13,5; 14,0; 13,9; 13,2; 13,8; 13,5; 13,7.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 4**

Даны результаты бега на 100 метров в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 15,7; 16,3; 15,8; 17,0; 13,8; 14,6; 15,5; 17,3.

$y$ : 14,8; 15,7; 16,0; 13,7; 15,0; 17,0; 16,0; 15,8.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 5**

Даны результаты челночного бега (4×9 м) в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 7,2; 7,7; 8,0; 7,6; 8,3; 7,9; 8,5; 8,9; 7,4; 7,5.

$y$ : 7,8; 7,9; 8,3; 7,5; 8,4; 7,9; 8,8; 8,7; 7,9; 7,8.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 6**

Даны результаты челночного бега (4×9 м) в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 8,2; 8,7; 9,0; 8,6; 9,3; 8,9; 9,5; 9,9; 8,4; 8,5.

$y$ : 8,8; 8,9; 9,3; 8,5; 9,4; 8,9; 9,8; 9,7; 8,9; 8,8.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 7**

Даны результаты челночного бега (4×9 м) в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 9,2; 9,7; 10,0; 9,6; 10,3; 9,9; 10,5; 10,9; 9,4; 9,5.

$y$ : 9,8; 9,9; 10,3; 9,5; 10,4; 9,9; 10,8; 10,7; 9,9; 9,8.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 8**

Даны результаты челночного бега (4×9 м) в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 10,2; 10,7; 11,0; 11,6; 11,3; 11,9; 11,5; 11,9; 10,4; 10,5.

$y$ : 10,8; 10,9; 11,3; 10,5; 11,4; 10,9; 11,8; 11,7; 10,9; 10,8.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 9**

Даны результаты бега на 100 м в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (с):

$x$ : 13,7; 14,3; 13,8; 15,0; 11,8; 12,6; 13,5; 15,3.

$y$ : 12,8; 13,7; 14,0; 11,7; 13,0; 15,0; 14,0; 13,8.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Вариант 10**

Даны результаты прыжка в длину с места в экспериментальной ( $y$ ) и контрольной ( $x$ ) группах (м):

$x$ : 2,40; 2,10; 2,50; 1,90; 2,75; 2,45; 2,65; 2,20.

$y$ : – ; 2,15; 2,45; – ; – ; 2,50; 2,70; 2,0.

Рассчитать различие средних арифметических результатов по значению  $t$ -критерия Стьюдента. Сделать вывод.

### **Литература**

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.

2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

**Лабораторная работа 5**  
**АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ КРИТЕРИЯ ФРИДМАНА**  
**ДЛЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ ТРЕХ И БОЛЕЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**  
**ИСПЫТУЕМЫХ**

**Цель работы:** научить студентов сопоставить показатели и установить нулевую гипотезу, измеренные в трех и более условиях на одной и той же выборке.

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить тему «Статистические критерии различий».

**Время работы:** 2 ч.

**Пример**

Определить, существенны ли различия в показателях максимальной скорости ( $V_{\max}$ ) футболистов сборной Республики Беларусь в матчах чемпионата Европы 2014 г. Сделать вывод.

Решение:

Для вычисления необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1. Расчеты удобнее проводить, используя табличную форму (таблица 1).

Таблица 1. – Расчет критерия  $\chi_r^2$  Фридмана для сопоставления трех и более показателей испытуемых

№	Игрок	Максимальная скорость в матче							
		с Испанией		с Грецией		с Швецией		с Голландией	
		$V_{\max}$	ранг	$V_{\max}$	ранг	$V_{\max}$	ранг	$V_{\max}$	ранг
1	Акинфеев	20,89	2	14,86	4	22,95	1	17,97	3
22	Анюков	27,35	2	26,01	4	29,00	1	26,97	3
8	Колодин	28,39	1	27,38	2	23,38	4	23,81	3
18	Жирков	29,36	2,5	28,42	4	29,36	2,5	31,32	1
17	Зырянов	26,17	3	28,75	1	25,35	4	28,39	2
11	Семак	28,35	1	26,06	3	26,39	2	24,07	4
20	Семшов	28,57	1	25,42	4	25,94	3	26,20	2
15	Билялетдинов	28,39	1	24,63	3	24,83	2	24,07	4
19	Павлюченко	26,24	2	24,89	3	24,53	4	28,73	1
Суммы $T_j$			15,5		28		23,5		23

1. Проранжировать индивидуальные значения каждого испытуемого, полученные им в 1-м и последующих замерах.

2. Просуммировать ранги, проверить совпадение общей суммы рангов с расчетной.

3. Вычислить эмпирическое значение  $\chi_r^2$ :

$$\chi_{r \text{ эмп}}^2 = \frac{12}{m \cdot c(c+1)} \sum T_j^2 - 3n(c+1) =$$

$$= \frac{12}{9 \cdot 4(4+1)} \cdot (15,5^2 + 28^2 + 23,5^2 + 23^2) - 3 \cdot 9(4+1) \approx 12,385.$$

4. Определить уровни статистической значимости для  $c = 3, n \leq 9$  и  $c = 4, n \leq 4$  (приложение 8).

При большом количестве или испытуемых определить критические значения критерия  $\chi_{кр}^2$  при данном числе степеней свободы  $v = c - 1$ .

Если  $\chi_{r \text{ эмп}}^2 \geq \chi_{кр}^2$ , то различия статистически достоверны.

5. Для  $\chi_r^2 = 12,385$  при  $c = 4$  и  $n = 9$  соответствует уровню значимости 0,02.

Вывод: нулевая гипотеза  $H_0$  на уровне значимости  $\alpha = 0,02$  принимается, что означает достаточно высокую стабильность максимальной скорости всех девяти футболистов сборной Республики Беларусь, принявших участие в первых четырех матчах на чемпионате Европы 2014 г.

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

Определить, существенны ли различия в количестве преодоленных метров футболистами сборной Республики Беларусь в четырех матчах на чемпионате Европы 2015 г. Сделать вывод.

№	Игрок	Максимальная скорость в матче							
		с Испанией		с Грецией		с Швецией		с Голландией	
		м	ранг	м	ранг	м	ранг	м	ранг
1	Акинфеев	3424	4	3977	2	3891	1	3848	3
22	Анюков	10257	3	10315	2	10482	1	9656	4
8	Колодин	9085	1	8497	3	8724	2	8490	4
18	Жирков	11490	2	9977	4	11513	1	10945	3
17	Зырянов	11310	2	11237	3	11600	1	11000	4
11	Семак	11695	2	11458	3	11890	1	11272	4
20	Семшов	12632	1	11194	4	12000	2	11224	3
15	Билялетдинов	11357	3	10999	4	11731	2	12277	1
19	Павлюченко	10277	1	8567	3	10202	2	9668	4
Суммы $T_j$									

## Вариант 2

Определить, существенны ли различия в показателях максимальной скорости ( $V_{\max}$ ) футболистов сборной Республики Беларусь в матчах чемпионата Европы 2014 г. Сделать вывод.

№	Игрок	Максимальная скорость в матче							
		с Испанией		с Грецией		с Швецией		с Голландией	
		$V_{\max}$	ранг	$V_{\max}$	ранг	$V_{\max}$	ранг	$V_{\max}$	ранг
1	Акинфеев	20,89	2	14,86	4	22,95	1	17,97	3
22	Анюков	27,35	2	26,01	4	29,00	1	26,97	3
8	Колодин	28,39	1	27,38	2	23,38	4	23,81	3
18	Жирков	29,36	2,5	28,42	4	29,36	2,5	31,32	1
17	Зырянов	26,17	3	28,75	1	25,35	4	28,39	2
11	Семак	28,35	1	26,06	3	26,39	2	24,07	4
20	Семшов	28,57	1	25,42	4	25,94	3	26,20	2
15	Билялетдинов	28,39	1	24,63	3	24,83	2	24,07	4
19	Павлюченко	26,24	2	24,89	3	24,53	4	28,73	1
Суммы $T_j$									

## Литература

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## Лабораторная работа 6 ВЗАИМОСВЯЗЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

**Цель работы:** научить студентов рассчитывать парный линейный коэффициент корреляции Бравэ – Пирсона; на основе его оценивать достоверность корреляционной связи.

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить тему «Взаимосвязь результатов измерений».

**Время работы:** 2 ч.

**Пример:**

Даны результаты измерений бега на 100 (м) ( $X_i$ ) и отжиманий (раз) ( $Y_i$ ) у юношей 11 класса (рисунок 1):

х: 13,8; 14,7; 14,5; 16,0; 16,3; 14,8; 15,8; 14,5; 14,6.

у: 20, 15, 17, 50, 15, 20, 30, 20, 38.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку. Сделать вывод.

Решение:

Для вычисления необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1. Расчеты удобнее проводить, используя табличную форму (таблица 1).

Таблица 1. – Расчет линейного коэффициента корреляции

№	$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$Y_i$	$(Y_i - \bar{Y})$	$(Y_i - \bar{Y})^2$	$(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	13,8	-1,2	1,44	20	-5	25	6
2	14,7	-0,3	0,09	15	-10	100	3
3	14,5	-0,5	0,25	17	-8	64	4
4	16,0	1	1	50	25	625	25
5	16,3	1,3	1,69	15	-10	100	-13
6	14,8	-0,2	0,04	20	-5	25	1
7	15,8	0,8	0,64	30	5	25	4
8	14,5	-0,5	0,25	20	-5	25	2,5
9	14,6	0,4	0,16	38	13	169	-5,2
10	$\Sigma = 135$		$\Sigma = 5,56$	$\Sigma = 225$		$\Sigma = 1158$	$\Sigma = 27,7$

2. Вычислить  $\bar{X}$  и  $\bar{Y}$ . Суммы результатов столбцов 2 и 3 разделить на  $n$ :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{135}{9} = 15 \text{ с};$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{225}{9} = 25 \text{ с}.$$

3. Вычислить произведения  $(X_i - \bar{X})$  (столбец 3) и  $(Y_i - \bar{Y})$  (столбец 6).

4. Вычислить произведения  $(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$  и их сумму (столбец 8).

5. Вычислить сумму квадратов разностей  $\Sigma = (X_i - \bar{X})^2$  (столбец 4) и  $\Sigma = (Y_i - \bar{Y})^2$  (столбец 7) (значение столбцов 3 и 6 возвести в квадрат и полученные результаты просуммировать).

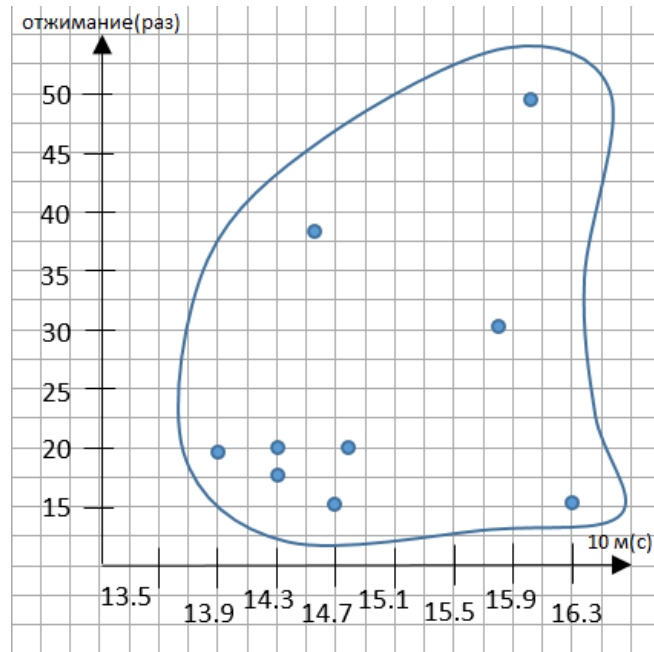


Рисунок 1. – Корреляционное поле

6. Вычислить коэффициент корреляции Бравэ – Пирсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{27,3}{\sqrt{5,56 \cdot 1158}} = \frac{27,3}{\sqrt{6438,48}} =$$

$$= \frac{27,3}{80,24013958} \approx 0,34.$$

7. Найти коэффициент детерминизации, который выявляет степень переноса между коррелируемыми факторами:

$$D = r^2 \cdot 100\% = 0,34^2 \cdot 100\% = 11,56 (\%).$$

Вывод: таким образом, между результатами измерений бега на 100 (м) и отжимания (раз) выявлена положительная средняя статистическая связь.

Из таблицы оценки коэффициента корреляции (приложение 4) следует, что перенос между двумя коррелируемыми факторами очень слабый.

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

Даны результаты измерений прыжка в высоту (x) и относительной силы мышц ног (y) у студентов 3 курса, специализирующихся в волейболе:

x: 18,8; 16,8; 14,7; 14,5; 13,3; 12,3.

y: 104, 96, 86, 81, 81, 78,

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 2**

Даны результаты прыжка в длину с места ( $x$ ) и бега на 100 метров ( $y$ ) у юношей 11 класса (м):

$x$ : 2,50; 2,40; 2,50; 2,60; 2,20; 2,60; 2,75; 2,80.

$y$ : 13,3; 13,7; 13,8; 13,0; 13,0; 12,9; 12,8; 12,6.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 3**

Даны результаты кистевой динамометрии левой руки ( $x$ ) и точности реакции на движущийся объект ( $y$ ) у студентов 3 курса (кг):

$x$ : 30; 24; 22; 28; 20; 32; 22; 40; 45; 48.

$y$ : 20,0; 13,3; 10,0; 36,7; 35,0; 18,3; 15,0; 20,1; 20,2; 20,3.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 4**

Даны результаты измерений 100 м ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у студентов 1 курса:

$x$ : 12,8; 13,7; 13,5; 15,0; 15,3; 13,8; 14,8; 13,5; 13,6.

$y$ : 10; 5; 7; 40; 5; 10; 20; 10; 28.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 5**

Даны результаты измерений 100 м ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у студентов 2 курса:

$x$ : 14,8; 15,7; 15,5; 17,0; 17,3; 15,8; 16,8; 15,5; 15,6.

$y$ : 30; 25; 27; 60; 25; 30; 40; 30; 48.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 6**

Даны результаты измерений прыжка в длину с места ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у студентов 1 курса:

$x$ : 230; 185; 215; 220; 205; 225; 240; 200; 190; 210.

$y$ : 40; 30; 60; 50; 25; 55; 70; 45; 10; 20.



Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 7**

Даны результаты измерений прыжка в длину с места ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у студентов 2 курса:

$x$ : 240; 195; 225; 230; 215; 235; 250; 210; 200; 220.

$y$ : 50; 40; 70; 60; 35; 65; 80; 55; 20; 30.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 8**

Даны результаты измерений прыжка в длину с места ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у студентов 3 курса:

$x$ : 250; 205; 235; 240; 225; 245; 260; 220; 210; 230.

$y$ : 60; 50; 80; 70; 45; 75; 90; 65; 30; 40.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 9**

Даны результаты измерений прыжка в высоту ( $x$ ) и бега 200 м ( $y$ ) у студентов 2 курса:

$x$ : 165; 170; 170; 175; 175; 150; 140; 150; 185; 175; 145; 145; 180; 160; 175.

$y$ : 30,5; 31,2; 30,7; 29,9; 29,5; 31,4; 32,1; 31,3; 29,1; 30,2; 31,6; 31,8; 29,6; 30,4; 29,7.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

### **Вариант 10**

Даны результаты измерений прыжка в высоту ( $x$ ) и бега 200 м ( $y$ ) у студентов 3 курса:

$x$ : 125; 130; 130; 135; 135; 110; 100; 110; 145; 135; 105; 105; 140; 120; 135.

$y$ : 26,5; 27,2; 26,7; 25,9; 25,5; 27,4; 28,1; 27,3; 25,1; 26,2; 27,6; 27,8; 25,6; 26,4; 25,7.

Найти величину коэффициента корреляции  $r$  и дать ему оценку.  
Сделать вывод.

## Литература

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## Лабораторная работа 7 ВЫЧИСЛЕНИЕ РАНГОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ СПИРМЕНА

**Цель работы:** научить студентов определять и рассчитать оценку взаимосвязи показателей.

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить тему «Взаимосвязь результатов измерений».

**Время работы:** 2 ч.

### Пример

Дано место, занятое в лыжной гонке с общим стартом ( $X_i$ ) и число стартов до настоящих соревнований в лыжной гонке с общим стартом ( $Y_i$ ):

$x$ : 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10.

$y$ : 9; 10; 8; 7; 9; 4; 4; 3; 5; 3.

Сделать вывод.

Решение:

Для вычисления необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1. Расчеты удобнее проводить, используя табличную форму (таблица 1).
2. Проранжировать (упорядочить и приписать порядковые номера) показатели  $X$  и  $Y$  (столбец 2 и 3). Поскольку  $X$  уже упорядочен и обозначает соответствующие ранги, перепишем его значения в столбец 4. Показателю  $Y$  приписываем ранги следующим образом: значению 10 – ранг 1; 9 – ранг (2 + 3 ÷ 2 = 2,5); 8 – ранг 4; 7 – ранг 5 и т.д. (столбец 5).
3. Вычислить разность рангов  $d = d_x - d_y$  (столбец 6).

№	X	Y	$dx$	$dy$	$dx - dy$	$(dx - dy)^2$
1	2	3	4	5	6	7
1	1	9	1	2,5	-1,5	2,25
2	2	10	2	1	1	1
3	3	8	3	4	-1	1
4	4	7	4	5	-1	1
5	5	9	5	2,5	2,5	6,25
6	6	4	6	7,5	-1,5	2,25
7	7	4	7	7,5	-0,5	0,25
8	8	3	8	9,5	1,5	2,25
9	9	5	9	6	3	9
10	10	3	10	9,5	0,5	0,25
						$\Sigma = 25,5$

4. Вычислить квадрат разности  $d^2 = (d_x - d_y)^2$  (столбец 7).

5. Вычислить сумму квадратов разности  $\Sigma = d^2 (= 25,5)$ .

6. Вычислить значение  $\rho$  (по формуле):

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 25,5}{10(10^2 - 1)} = 1 - 0,154 = 0,846.$$

Вывод: значение  $\rho = 0,846$  характеризует сильную положительную взаимосвязь (приложение 4). Другими словами, опыт, накопленный в подобных гонках, достаточно сильно определяет успешность выступления при прочих равных условиях.

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

Дано место, занятое в беге на 100 м с низкого старта ( $X_i$ ) и число стартов до настоящих соревнований в беге на 100 м с низкого старта ( $Y_i$ ):

x: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10.

y: 10; 9; 7; 8; 4; 9; 4; 5; 3; 5.

Сделать вывод.

#### Вариант 2

Дано место, занятое в прыжках с разбега ( $X_i$ ) и число стартов до настоящих соревнований в прыжках с разбега ( $Y_i$ ):

x: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10.

y: 7; 10; 9; 4; 8; 4; 9; 3; 5; 3.

Сделать вывод.

### Вариант 3.

Дано место, занятое в беге на 1000 м ( $X_i$ ) и число стартов до настоящих соревнований в беге на 1000 м ( $Y_i$ ):

$x$ : 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10.

$y$ : 4; 10; 8; 4; 9; 4; 3; 3; 5; 9.

Сделать вывод.

### Литература

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.

2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## Лабораторная работа 8 РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

**Цель работы:** научить студентов рассчитывать значение коэффициента регрессии.

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить тему «Взаимосвязь результатов измерений».

**Время работы:** 2 ч.

### Пример

Даны результаты измерений веса (кг) ( $X_i$ ) и роста (см) ( $Y_i$ ): у студентов 1 курса:

$x$ : 65; 47; 65; 64; 67; 53; 56; 53; 70; 70.

$y$ : 170; 160; 173; 173; 177; 160; 167; 163; 184; 177.

Найти коэффициент регрессии.

Решение:

Для вычисления необходимо последовательно выполнить следующие действия:

1. Расчеты удобнее проводить, используя табличную форму (таблица 1).

Таблица 1. – Расчет регрессионного анализа

№	$X_i$	$Y_i$	$X_i Y_i$	$X_i^2$
1	2	3	4	5
1	65	170	11050	4225
2	47	160	7520	2209
3	65	173	11245	4225
4	64	173	11072	4096
5	67	177	11859	4489
6	53	160	8480	2809
7	56	167	9352	3136
8	53	163	8639	2809
9	70	184	12880	4900
10	70	177	12390	4900
	$\Sigma = 610$	$\Sigma = 1704$	$\Sigma = 104487$	$\Sigma = 37798$

2. Вычислить результаты суммы  $X_i$  и  $Y_i$  столбцов 2 и 3.
3. Вычислить произведение  $X_i Y_i$  (столбец 3).
4. Вычислить сумму  $\Sigma (X_i Y_i)$  (столбец 3).
5. Значение  $X_i^2$  (данные столбца 5 возвести в квадрат и полученный результат просуммировать).

6. Записать уравнение регрессии:

$$y = a + bx.$$

Получаемая линия по этому уравнению называется линией регрессии.

Коэффициенты  $a$  и  $b$  называются параметрами уравнения регрессии:

$a$  – определяет отрезок, отсекаемой прямой линии на оси  $OY$ ;

$b$  – определяет изменение  $y$  при изменении  $x$  на 1.

7. Вычислить коэффициент  $a$ :

$$a = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum x \cdot \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{37\,798 \cdot 1704 - 610 \cdot 104\,487}{10 \cdot 37\,798 - 610^2} =$$

$$= \frac{64\,407\,792 - 63\,737\,070}{10 \cdot 37\,798 - 372\,100} = \frac{670\,722}{377\,980 - 372\,100} = \frac{670\,722}{5880} \approx 114,07.$$

8. Вычислить коэффициент  $b$ :

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{10 \cdot 104\,487 - 610 \cdot 1704}{10 \cdot 37\,798 - 610^2} =$$

$$= \frac{1\,044\,870 - 1\,039\,440}{10 \cdot 37\,798 - 372\,100} = \frac{5430}{5880} = \frac{670\,722}{5880} = 0,92.$$

9. Полученные коэффициенты  $a$  и  $b$  записываем в уравнение регрессии

$$y = 114,07 + 0,92x.$$

x	y
50	160
60	169

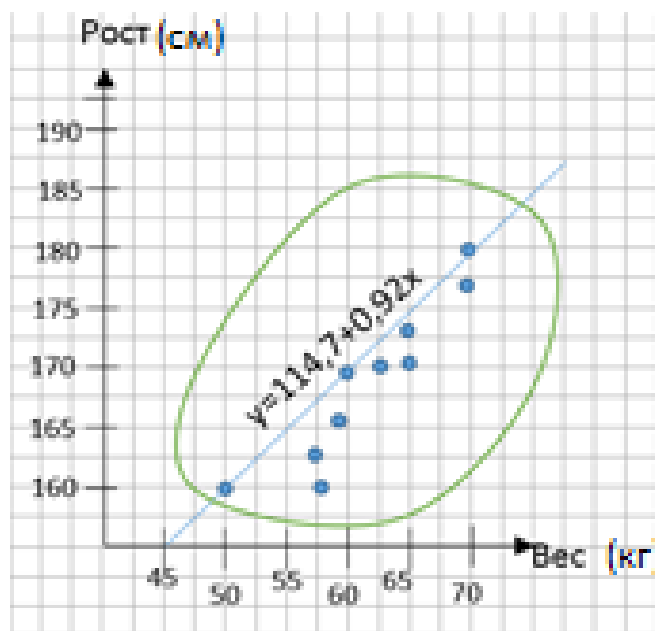


Рисунок 1. – Корреляционное поле

$$y = 114,07 + 0,92 \cdot 50 = 160;$$

$$y = 114,07 + 0,92 \cdot 60 = 169.$$

### Задания для самостоятельной работы

#### Вариант 1

Даны результаты измерений веса тела ( $x$ ) и массы тела ( $y$ ) у студентов 2 курса, специализирующихся в тяжелой атлетике:

$x$ : 75; 57; 75; 74; 77; 63; 66; 63; 80; 80.

$y$ : 180; 170; 183; 187; 187; 170; 177; 173; 194; 187.

Найти коэффициент регрессии.

#### Вариант 2

Даны результаты прыжка в длину с места ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у юношей 10 класса (раз):

$x$ : 230; 185; 215; 220; 205; 225; 240; 200; 190; 210.

$y$ : 40; 30; 60; 50; 25; 55; 70; 45; 10; 20.

Найти коэффициент регрессии.

### Вариант 3

Даны результаты прыжка в длину с места ( $x$ ) и бега на 100 метров ( $y$ ) у студентов 1 курса (м):

$x$ : 260; 215; 245; 250; 235; 255; 270; 230; 220; 240.

$y$ : 13,3; 13,7; 13,8; 13,0; 13,0; 12,9; 12,8; 12,6.

### Вариант 4

Найти коэффициент регрессии.

Даны результаты измерений веса тела ( $x$ ) и массы тела ( $y$ ) у студентов 1 курса, специализирующихся в легкой атлетике:

$x$ : 55; 37; 55; 54; 57; 43; 46; 43; 60; 60.

$y$ : 160; 150; 163; 163; 167; 150; 157; 153; 174; 167.

Найти коэффициент регрессии.

### Вариант 5

Даны результаты измерений веса тела ( $x$ ) и массы тела ( $y$ ) у студентов 2 курса, специализирующихся в баскетболе:

$x$ : 45; 27; 45; 44; 47; 33; 36; 33; 50; 50.

$y$ : 150; 140; 153; 153; 157; 140; 147; 143; 164; 157.

Найти коэффициент регрессии.

### Вариант 6

Даны результаты прыжка в длину с места ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у юношей 11 класса (раз):

$x$ : 240; 195; 225; 230; 215; 235; 250; 210; 200; 220.

$y$ : 50; 40; 70; 60; 35; 65; 80; 55; 20; 30.

Найти коэффициент регрессии.

### Вариант 7

Даны результаты прыжка в длину с места ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у студентов 1 курса (раз):

$x$ : 220; 175; 205; 210; 205; 225; 230; 190; 180; 190.

$y$ : 30; 20; 50; 40; 15; 45; 60; 35; 0; 10.

Найти коэффициент регрессии.

### Вариант 8

Даны результаты прыжка в длину с места ( $x$ ) и отжиманий ( $y$ ) у студентов 2 курса (раз):

$x$ : 250; 205; 235; 240; 225; 245; 260; 220; 210; 230.

$y$ : 60; 50; 80; 70; 45; 75; 90; 65; 30; 40.

Найти коэффициент регрессии.

### Вариант 9

Даны результаты прыжков на скакалки ( $x$ ) и поднимания туловища ( $y$ ) у студентов 1 курса (раз):

$x$ : 95; 90; 100; 85; 80; 85; 75; 90; 95; 105; 85; 90; 80; 95; 100.

$y$ : 45; 52; 40; 57; 60; 55; 65; 51; 47; 35; 54; 50; 59; 44; 36.

Найти коэффициент регрессии.

### Вариант 10

Даны результаты прыжков на скакалки ( $x$ ) и поднимания туловища ( $y$ ) у девочек 11 класса (раз):

$x$ : 85; 80; 90; 75; 70; 75; 65; 80; 85; 95; 75; 80; 70; 85; 90.

$y$ : 35; 42; 30; 47; 50; 45; 55; 41; 37; 25; 44; 40; 49; 34; 26.

Найти коэффициент регрессии.

### Литература

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.

2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

## Лабораторная работа 9 СТЕПЕНЬ СОГЛАСОВАННОСТИ МНЕНИЙ ЭКСПЕРТОВ

**Цель работы:** научить студентов рассчитывать значение коэффициента конкордации.

**Оборудование:** калькуляторы.

**Методические указания:** перед началом работы рекомендуется изучить тему «Методы количественной оценки качественных показателей».

**Время работы:** 2 ч.

### Пример

Например,  $m$  экспертов (судей в фигурном катании на коньках) наблюдали выступление  $n$  спортсменов. Результаты представлены в таблице 1.

Найти коэффициент конкордации. Сделать вывод.



Решение:

1. Расчеты удобнее проводить, используя табличную форму (таблица 1).

Таблица 1. – Пример вычисления коэффициента конкордации

Номер эксперта ( <i>j</i> )	Номер объекта экспертизы (спортсмена) ( <i>i</i> )						
	1	2	3	4	5	6	<i>n</i> = 7
1	4	3	2	6	1	5	7
2	6	3	2	5	1	4	7
3	4	2	1	6	3	5	7
4	4	3	2	5	1	6	7
<i>m</i> = 5	3	4	2	6	1	5	7
Сумма рангов, полученных каждым спортсменом	21	15	9	28	7	25	35
Отклонение от средней суммы рангов	1	-5	11	8	-13	5	15
Квадрат отклонения	1	25	121	64	169	25	225

2. Вычислить среднюю сумму рангов по формуле

$$m \frac{1+n}{2} = 5 \frac{1+7}{2} = 20$$

или по фактическим данным из таблицы 1:

$$\frac{21+15+9+28+7+25+35}{7} = 20.$$

Совпадение обоих чисел свидетельствует о том, что при заполнении таблицы не допущено ошибок.

3. Определить отклонение от средней суммы рангов, вычислив сумму рангов, полученных каждым спортсменом от средней суммы рангов.

4. Вычислить квадрат отклонения, возведя в квадрат отклонение от средней суммы рангов.

3. Вычислить сумму квадрата отклонения:

$$\sum S = 630.$$

4. Вычислить коэффициент конкордации по формуле

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 630}{25(343 - 7)} = 0,9.$$

Вывод: коэффициент конкордации экспертов в фигурном катании на коньках составил 0,9.

## Задания для самостоятельной работы

### Вариант 1

Например,  $m$  экспертов ( $j = 5$ ) (судей в фигурном катании на коньках) наблюдали выступление  $n$  ( $n = 7$ ) спортсменов:

Номер эксперта ( $j$ )	Номер объекта экспертизы (спортсмена) ( $i$ )						
	1	2	3	4	5	6	$n = 7$
1	3	4	6	2	1	5	7
2	3	6	5	5	4	1	7
3	2	4	6	1	3	5	7
4	6	3	2	5	1	4	7
$m = 5$	3	4	2	6	1	5	7
Сумма рангов, полученных каждым спортсменом							
Отклонение от средней суммы рангов							
Квадрат отклонения							

Найти коэффициент конкордации. Сделать вывод.

### Вариант 2

Например,  $m$  экспертов ( $j = 5$ ) (судей в фигурном катании на коньках) наблюдали выступление  $n$  ( $n = 7$ ) спортсменов:

Номер эксперта ( $j$ )	Номер объекта экспертизы (спортсмена) ( $i$ )						
	1	2	3	4	5	6	$n = 7$
1	6	1	4	2	1	5	7
2	3	5	5	6	1	4	7
3	2	6	1	5	3	5	7
4	6	4	2	5	1	2	7
$m = 5$	3	4	2	6	1	5	7
Сумма рангов, полученных каждым спортсменом							
Отклонение от средней суммы рангов							
Квадрат отклонения							

Найти коэффициент конкордации. Сделать вывод.

### Литература

1. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
2. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учебник для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.

### 3. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Измерения напряжения и силы тока.
2. Измерительные генераторы и синтезаторы частоты.
3. Исследование формы сигналов и измерение их параметров.
4. Измерение частоты и интервалов времени.
5. Измерение фазового сдвига.
6. Измерение мощности сигналов и параметров электромагнитных помех.
7. Спектральный анализ сигналов. Измерение коэффициента гармоник.
8. Измерение параметров и характеристик электрических цепей.
9. Измерение параметров и характеристик СВЧ-устройств.
10. Измерение вероятностных характеристик случайных процессов.
11. Информационно-измерительные приборы и системы.
12. Теоретические основы метрологии.
13. Основные понятия, связанные с объектами и средствами измерений.
14. Сущность метрологического обеспечения спортивной (физкультурной) деятельности.
15. Характеристика правовых документов Республики Беларусь, обеспечивающих единство измерений.
16. Структура и функции метрологической службы организаций.
17. Правовые основы и научная база стандартизации.
18. Обеспечение государственного контроля и надзоры за соблюдением требований стандартов.
19. Задачи и процедура сертификации.
20. Становление и развитие идеи стандартизации.
21. Общее и отличия в организации стандартизации в Беларуси и других странах (на выбор).
22. Деятельность метрологической службы Новополоцка.
23. Наиболее распространенные единицы измерений в дореволюционной России.
24. Появления первой единой системы мер: новизна и недостаток.
25. История появления и особенности Международной системы единиц (СИ).

26. Управление системой в спорте (на выбор студента).
27. Характеристика механизмов, обеспечивающих управляемость процессом спортивной тренировки.
28. Осуществление проверки (тарирования) и калибровки средств, измеряемых в спорте.
29. Средства измерения в спорте: классификация, характеристика.
30. Организация измерений в избранном виде спорта.

## КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Изучение курса «Спортивная метрология» в 5 семестре завершается проведением итогового контроля в форме экзамена, который проводится в виде собеседования по вопросам

### ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Предмет и задачи спортивной метрологии. Шкалы измерений.
2. Понятие «измерение». Виды измерений. Основные элементы измерения.
3. Методы измерения. Основные, производимые величины СИ. Размерность.
4. Погрешности измерений. Методы борьбы с ошибками.
5. Основы теории вероятности. Комбинаторика.
6. Статистические данные, признаки, совокупность.
7. Меры центральной тенденции ряда измерений.
8. Меры изменчивости ряда измерений.
9. Закон нормального распределения.
10. Понятие статистических и параметрических критериев различия.
11. Непараметрические критерии различия.
12. Взаимосвязь результатов измерения. Корреляционный анализ.
13. Регрессионный анализ. Множественная корреляция.
14. Понятие «тест»: классификация, требования.
15. Характеристики теста: надежность теста, стабильность, согласованность, эквивалентность.
16. Показатели надежности теста. Пути повышения надежности теста.
17. Информативность теста.
18. Понятие «оценивание». Основные задачи оценивания. Шкалы оценок.
19. Способы построения шкал оценок.
20. Нормы. Виды норм. Пригодность норм.
21. Понятие «квалиметрия». Оценка комплексов тестов.
22. Метод экспертных оценок.
23. Метод анкетирования.
24. Оптические и оптико-электронные методы регистрации движения.

25. Механоэлектрические методы регистрации движения.
26. Общая характеристика контроля. Метрологические основы контроля за физической подготовленностью.
27. Критерии оценивания спортивной подготовленности.
28. Контроль за скоростными качествами.
29. Контроль за уровнем развития выносливости.
30. Контроль за силовыми способностями.
31. Контроль за уровнем развития гибкости, координационных способностей.
32. Контроль за специализированностью, направленностью и координационной сложностью нагрузки.
33. Контроль за величиной нагрузки.
34. Контроль за технической подготовленностью: объем, разносторонность, рациональность, освоенность.
35. Контроль за эффективностью техники.
36. Контроль за тактической подготовленностью.

## РЕЙТИНГОВЫЙ КОНТРОЛЬ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Итоговая экзаменационная отметка по дисциплине  $\mathcal{E}_{\text{итог}}$  рассчитывается на основе результата промежуточного контроля и отметки, полученной студентом на экзамене за ответ по билету, по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{итог}} = k \cdot \Pi + (1 - k) \cdot \mathcal{E},$$

где  $k$  – весовой коэффициент промежуточного контроля;

$\Pi$  – результат промежуточного контроля за семестр, выраженный в баллах по 10-балльной шкале;

$\mathcal{E}$  – отметка, полученная студентом на экзамене за ответ по билету.

Результат промежуточного контроля за семестр рассчитывается из отметок, полученных в ходе мероприятий промежуточного контроля:

$$\Pi = \frac{\text{ПК}_1 + \text{ПК}_2 + \dots + \text{ПК}_n}{n}$$

где  $\text{ПК}_1 + \text{ПК}_2 + \dots + \text{ПК}_n$  – отметки за мероприятия промежуточного контроля;

$n$  – количество мероприятий промежуточного контроля.

Промежуточный контроль знаний студентов по спортивной метрологии с выставлением отметки проводится в семестре 3 раза.

По **УЭ 1–УЭ 4** – отметка по данному блоку складывается со следующих показателей:

- посещение практических занятий – 2 балла;
- ответ по вопросу плана – 10 баллов;
- дополнение к ответу, участие в дискуссии – 5 баллов;
- написание и защита реферата – 20 баллов;
- каждый правильный ответ по письменному заданию – 1 балл (максимальное количество – 4 балла).

Шкала перевода в 10-балльную систему
35–41 – «4»
42–52 – «5»
53–63 – «6»
64–74 – «7»
75–85 – «8»
86–96 – «9»
97–107 – «10»

По УЭ 5–10 «Лабораторные работы» – общая отметка по данному блоку является средним арифметическим значением защиты 9-ти лабораторных работ:

1. Выполнены и защищены должны быть все работы;
2. Условия выполнения и защиты лабораторных работ обозначены в отдельном пособии «Методические указания к лабораторным работам».
3. 10-балльная система оценивания качества выполнения лабораторных работ:

Балл	Критерий оценивания
10	Правильно выполнены расчеты, сделаны выводы, отчет оформлен аккуратно
9	Правильно выполнены расчеты, сделаны выводы, допущена неточность в оформлении отчета
8	Правильно выполнены расчеты, помощь преподавателя при формулировке выводов, отчет оформлен аккуратно
7	Расчеты выполнены с незначительными ошибками, потребовалась дополнительная помощь преподавателя, отчет оформлен аккуратно
6	Расчеты выполнены с консультацией преподавателя, в выводах допущены неточности, отчет оформлен аккуратно
5	С ошибками выполнены расчеты, сделаны выводы, отчет оформлен небрежно
4	Большая часть расчетов выполнена правильно, выводы имеют общий характер, отчет оформлен небрежно
3	Не выполнены расчеты, выводы не сделаны или не выражают суть работы, отчет оформлен небрежно

По УЭ 11–18 – Отметка по данному блоку является результатом выполнения 30 тестовых заданий (в течении 45 минут).

Шкала оценивания (первый показатель – количество правильных ответов): 3 – «1»; 6 – «2»; 9 – «3»; 11–12 – «4»; 14–15 – «5»; 17–18 – «6»; 20–21 – «7»; 23–24 – «8»; 26–27 – «9»; 28–30 – «10».

Студенты, участвующие в научно-исследовательской работе по дисциплине, будут иметь дополнительный бонус.

Таким образом, рейтинговая система учета и оценки успешности изучения дисциплины «Спортивная метрология» позволяет рационально организовать обучение, предоставить студентам возможность выбора тактики и стратегии в овладении знаниями по изучаемой дисциплине, определить свой рейтинг.



## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ СПОРТИВНОЙ МЕТРОЛОГИИ

Термин/ понятие	Значение термина	Пояснение к термину, в частности способ измерения или оценки	Пример
1	2	3	4
<b>1. Состояние спортсмена и модельные характеристики</b>			
Состояние спортсмена	Уровень и структура морфофункциональных свойств спортсмена, определяющих его двигательные возможности	Измерение комплекса информативных признаков, отражающих разные свойства спортсмена	Состояние спортсмена на различных этапах годичного цикла, состояние после пробегания дистанции 1000 м и т.п.
Этапное состояние	Состояние, сохраняющееся длительное время (не менее месяца)	Характеризуется значениями тестов, измеренных на отдельных этапах годичного цикла тренировки	Уровень развития взрывной силы (ловкости, выносливости и т.п.) в конце подготовительного периода тренировки
Подготовленность спортсмена	Комплексная характеристика этапного состояния спортсмена, отражающая его возможности к демонстрации спортивных достижений в ближайшие месяцы	Измерения на отдельных этапах тренировки, контрольные соревнования	Уровень подготовленности в конце подготовительного периода тренировки
Текущее состояние	Ежедневные изменения состояния спортсмена, обусловленные соревновательными или тренировочными нагрузками	Результаты ежедневных измерений	Состояние на следующий день после тренировочного занятия, соревнования или дня отдыха
Текущая готовность	Частный случай текущего состояния, характеризующийся готовностью к выполнению в ближайшие дни соревновательного упражнения с результатом, близким к максимальному	Измерения, проведенные за день (за несколько дней) до старта, в котором был показан рекордный результат	Состояние за день (за неделю) до достижения рекордного результата

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Оперативное состояние	Состояние спортсмена во время или сразу же после выполнения физических упражнений	Измерения, проведенные во время выполнения тренировочных или соревновательных упражнений или непосредственно после их окончания	Состояние пловца (бегуна, конькобежца и т.п.) на определенном метре дистанции или сразу же после заплыва (забега) и т.п.
Оперативная готовность	Частный случай оперативного состояния, характеризующийся немедленной готовностью к выполнению соревновательного упражнения с результатом, близким к максимальному	Спортивный результат, показанный в данном состоянии, а также косвенные измерения, оценивающие потенциальную возможность демонстрации высокого спортивного результата	Состояние в момент, непосредственно предшествовавший старту, в котором был показан рекордный результат
Модельные характеристики спортсмена	Тесты, характеризующиеся наибольшей информативностью	Результаты, показанные в этих тестах, используются для прогноза достижений на соревнованиях	Вероятностные характеристики будущего рекордсмена мира в беге на 800 м (например, величины МПК или максимальная скорость бега)
Этапные модельные характеристики	Информативные показатели состояния спортсмена на отдельных этапах годового цикла	Используются для прогнозирования результатов соревнований на этапах годового цикла	Величина МПК, которую должны достичь конькобежцы в сентябре, чтобы иметь возможность продемонстрировать рекордные результаты в зимние месяцы
Промежуточные модельные характеристики	Информативные показатели состояния спортсмена на различных этапах многолетней подготовки	Используются для прогнозирования результатов соревнований, а также для оценки эффективности тренировочного процесса на этапах многолетней подготовки	Значения результатов в тестах, которые необходимо достигнуть в ходе подготовки. Например, в тройном прыжке с места: в 12 лет – 6,5 м; в 14 лет – 7,3 м; в 16 лет – 8,0 м; в 18 лет – 9,0 м; в 20 лет – 9,7 м

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Педагогический контроль	Контроль, осуществляемый тренером, а также исследователем-педагогом	Педагогический контроль включает контроль: за тренировочными нагрузками; состоянием спортсмена; спортивной техникой и тактикой; спортивными результатами и поведением спортсмена на соревнованиях	Контроль за перечисленными показателями, который проводят тренер, его помощники, а также сотрудники комплексных научных групп (КНП)
Биомеханический контроль	Контроль за техникой выполнения соревновательных и тренировочных упражнений	Рассматривается как составная часть педагогического контроля, но может проводиться с привлечением биомехаников	Регистрация времени по отрезкам дистанции, длины и частоты шагов, внутри цикловых колебаний скорости, силы ударных движений в боксе, точности бросков мяча и т.п.
Оперативный контроль	Контроль за оперативным состоянием спортсмена, в частности его оперативной готовностью	Экспресс-оценка того состояния, в котором на данные минуты находится спортсмен	Определение частоты сердечных сокращений в паузах отдыха при повторных нагрузках; определение их мнений в соотношении опорных и полетных фаз в длительном беге и т.п.
<b>2. Тренировочные эффекты</b>			
Срочный тренировочный эффект	Изменения, наступающие в организме спортсмена во время выполнения тренировочного или соревновательного упражнения либо непосредственно после их окончания	Измерения, проводимые на следующий день после тренировочного занятия или соревнований	Динамика ЧСС во время бега; содержание лактата крови или сдвиг pH после забега и т.п.
Отставленный тренировочный эффект	Изменения, наступающие в организме на следующий день после тренировочного занятия (занятий) или соревнования	Измерения, проводимые на следующий день после тренировочного занятия или соревнований	Уменьшение силы разгибателей стопы после объемных прыжковых упражнений в занятиях предыдущего дня
Кумулятивный тренировочный эффект	Изменения в состоянии спортсмена, наступающие вследствие суммирования срочных тренировочных эффектов серии тренировочных занятий	Комплексные измерения, проведенные в конце периода (этапа) тренировки	Изменение подготовленности спортсмена в сентябре по сравнению с его подготовленностью в июне

Окончание таблицы

1	2	3	4
Частный тренировочный эффект	Тренировочный эффект, вызываемый отдельным тренировочным средством	Может быть измерен путем сравнения тренировочных эффектов, вызываемых разным набором тренировочных средств	Тренировочный эффект, вызванный выполнением только скоростных тренировочных упражнений
<b>3. Разновидности контроля</b>			
Контроль за подготовкой спортсмена (команды)	Сбор, оценивание и анализ информации о состоянии спортсмена (команды) в процессе его (ее) подготовки	Контроль понимается как целостная деятельность, включающая не только сбор необходимых сведений, но и их сопоставление с имеющимися данными (планами, контрольными показателями, нормами и т.п.) и последующий анализ	Контроль за состоянием спортсмена включает: тестирование спортсмена (сбор информации); сравнение полученных данных с имеющимися (оценивание); заключение о состоянии спортсмена, соответствии состояния плану и т.п. (анализ)
Комплексный контроль	Контроль за процессом подготовки спортсмена, осуществляемый специалистами разного профиля (педагогами, врачами, биохимиками, физиологами и др.), которые собирают информацию о соревновательной и тренировочной деятельности спортсмена, а также о его состоянии, оцениваемом в стандартных условиях	Имеет целью разностороннюю проверку состояния спортсмена. В зависимости от направленности отдельных сторон контроля и профиля специалистов выделяют педагогический, врачебный, биохимический и другие виды контроля	Этапное комплексное обследование спортсмена с последующим сопоставлением его результатов с критериями соревновательной и тренировочной деятельности
Текущий контроль	Контроль за текущим состоянием спортсмена, в частности его текущей готовностью	Измерения, проводимые ежедневно либо один раз в несколько дней	Текущий (ежедневный) контроль за массой тела, динамикой физической работоспособности и т.д.
Этапный контроль	Контроль за этапным (устойчивым) состоянием спортсмена, в частности его подготовленностью	Проводимые, как правило, в конце этапа измерения показателей, характеризующих уровень развития двигательных качеств, технического и тактического мастерства спортсменов	Этапные комплексные обследования, углубленное медицинское обследование

## ГЛОССАРИЙ

**Абсолютная погрешность** – погрешность, выраженная в процентах от действительного значения.

**Анкетирование** – метод опроса, который применяется для получения сведений о респонденте (испытуемом).

**Вариационный ряд** – двойной столбец ранжированных чисел, содержащий варианты и частоты.

**Вероятность** – число, выражающее меру объективной возможности наступления случайного события.

**Внутриклассовая вариативность** – вариативность индивидуальных результатов в серии повторных измерений.

**Выборка, выборочная совокупность** – ряд измерений, представленный случайными числами (совокупность случайно отобранных объектов из генеральной совокупности).

**Генеральная совокупность** – совокупность всех значений (объектов), объединенных каким-нибудь признаком.

**Дискретные числа** – числа, которые отличаются друг от друга на некую конечную величину, то есть, даны в виде прерывных чисел.

**Дисперсия** – показатель вариации эмпирических данных.

**Достоверность** – форма существования истины, обоснованной каким-либо экспериментом.

**Зависимые результаты** – результаты, полученные в начале и в конце или на разных этапах проведения эксперимента в одной и той же группе.

**Интервал** – определенные пределы значений варьирующего признака, обозначающихся нижней и верхней границами.

**Информативность теста** – степень точности, с которой он измеряет оцениваемое свойство.

**Квалиметрия** – наука, занимающаяся разработкой методов для количественной оценки качественных значений.

**Классификация** – распределение объектов, обладающих одинаковыми свойствами на группы.

**Корреляционная взаимосвязь** – взаимосвязь между изучаемыми показателями; может быть прямой (положительной) и обратной (отрицательной).

**Корреляция** – заключается в том, что средняя величина одного показателя изменяется в зависимости от изменения значения другого.

**Коэффициент вариации ( $V$ )** — используется для характеристики однородности совокупности. Совокупность считается однородной, если коэффициент вариации не превышает 33% (для распределений, близких к нормальному).

**Коэффициент конкордации** — применяется для оценки степени согласованности мнений экспертов.

**Коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $\rho$ )** — мера зависимости двух случайных признаков, основанная на ранжировании независимых результатов наблюдений.

**Кривая распределения** — характеризует в обобщенном виде вариацию признаков и закономерностей распределения частот внутри одной совокупности.

**Критерий  $\chi^2$  (хи-квадрат)** — применяется для сравнения распределений испытуемых двух групп по состоянию некоторого свойства на основе измерений в шкале наименований.

**Медиана ( $Md$ )** — значение, которое делит упорядоченное множество пополам, т.е. находится в середине ранжированного ряда.

**Межклассовая вариативность** — вариативность результатов разных спортсменов или разных групп.

**Множество** — совокупность элементов разного вида.

**Мода ( $Mo$ )** — такое значение в выборке, которое встречается наиболее часто.

**Надежность теста** — степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же людей в одинаковых условиях. Полное совпадение результатов практически невозможно.

**Независимые результаты** — результаты, полученные в начале и в конце или на разных этапах проведения эксперимента с выделением экспериментальной и контрольной групп.

**Непрерывные числа** — числа, которые могут отличаться одно от другого на сколь угодно малую величину и в определенных границах принимать любое значение.

**Норма** — граничная величина результатов теста. Предельно допустимые границы явления, в рамках которых оно оптимально.

**Нормальное распределение** — кривая, которая отражает массовые однотипные явления, рассматриваемые в статистике. Симметрична относительно максимальной ординаты, соответствует значению:  $Mo = Md$ . Множество единиц совокупности распределяется таким образом, чтобы около

средней арифметической было сконцентрировано наибольшее количество единиц, около больших или малых значений – минимальное количество единиц X.

**Обратная корреляционная взаимосвязь** – взаимосвязь, при которой с увеличением (уменьшением) первого признака второй уменьшается (увеличивается).

**Относительная погрешность** – погрешность, выраженная в единицах измеряемой величины.

**Ошибка репрезентативности** – число, которое указывает на различие между генеральной и выборочной совокупностью.

**Перцентильная шкала** – шкала, наиболее пригодная для оценки результатов больших групп спортсменов. Испытуемому начисляется столько очков, сколько участников (в процентах) он обогнал. Достоинство этой шкалы – простота и наглядность.

**Прогноз** – предвидение, предсказание будущего.

**Прогрессирующая шкала** – шкала, где равные приросты результатов начисляются по-разному, но чем выше абсолютные приросты, тем больше прибавка в оценке.

**Пропорциональная шкала** – тип шкалы, предполагающий начисление одинакового прироста очков за равный прирост результатов.

**Прямая корреляционная взаимосвязь** – взаимосвязь, когда с увеличением (уменьшением) первого признака второй тоже увеличивается (уменьшается).

**Размах интервала (вариации)** – разность между максимальным и минимальным значениями признака в изучаемой совокупности.

**Ранжирование** – расстановка результатов измерений в порядке возрастания или убывания.

**Распределение** – соотношение элементов совокупности с частотой их встречаемости в выборке.

**Регрессирующая шкала** – шкала, где равные приросты результатов начисляются по-разному, чем выше абсолютные приросты, тем меньше прибавка в оценке (наиболее приемлема на соревнованиях ОФП, где стоит цель устранить слабые звенья в подготовке).

**Регрессия** – закономерность, отражающая взаимосвязь двух признаков.

**Релевантность норм** – пригодность норм только для той совокупности, для которой они разработаны.

**Репрезентативная выборка** – выборка, точно отражающая генеральную совокупность.

**Ряды динамики** – ряды чисел, которые отражают изменения признаков с течением времени.

**Сигмовидная шкала** – шкала, где выше всего оцениваются приросты в средней зоне, а улучшение очень низких или очень высоких результатов поощряется слабо.

**Систематическая погрешность** – погрешность, постоянная или изменяющаяся по определенному закону; допущения, принятые при выводе формул, связывающих измеряемую величину с другими величинами, погрешностью прибора, влиянием внешних факторов на показания прибора.

**Случайная погрешность** – неопределенные по своей величине и природе погрешности, в появлении которых не наблюдается какой-либо закономерности.

**Согласованность теста** – способность теста показывать один и тот же результат при проведении тестирования разными экспертами.

**Спортивная статистика** – наука о массовых, однородных явлениях в практике физического воспитания и спорта.

**Среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ )** – показывает, на сколько в среднем колеблется величина признака у единиц исследуемой совокупности.

**Средняя арифметическая величина ( $\bar{X}$  или  $M$ )** – рассчитывается по отношению суммы величин к их количеству.

**Средняя величина ( $\bar{X} = Mo = Md$ )** – характеризует групповые свойства, является центром распределения, занимает центральное положение в общей массе варьирующих значений признака.

**Стабильность теста** – степень совпадения результатов при повторном тестировании, когда первое и второе измерение разделено временным интервалом.

**Стандартная шкала** – шкала, в основе которой лежит пропорциональная шкала. Свое название получила потому, что масштаб в ней служит стандартное отклонение. Наиболее распространена  $T$ -шкала. Здесь средняя приравнивается к 50, а стандарт – к 10 очкам.

**Статистическая взаимосвязь** – такая взаимосвязь, когда одному значению одного показателя соответствует несколько значений другого показателя.

**Статистическая гипотеза** – предположение относительно характера или параметров распределения случайной переменной, которое можно проверить, опираясь на результаты наблюдений в случайной выборке.



**Тест** – специализированное и стандартизированное измерение или испытание, проводимое для определения состояния или способностей спортсмена.

**Функциональная взаимосвязь** – характеризуется полным соответствием между изменением факторного признака и изменением результативной величины, то есть одно значение одного показателя соответствует только одному значению другого показателя.

**Частота** – число результатов выборки, попавших в каждый интервал.

**Шкала** – элемент счетной системы, который позволяет отнести исследуемый объект к определенной группе.

**Шкала ГЦОЛИФКа** – применяется для оценки результатов периодического тестирования одного и того же спортсмена в разные периоды цикла или этапа подготовки.

**Эксперт** – специалист в определенной области, проводящий тестирование и оценивание полученных результатов.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- $y_i, x_i$  – результат  $i$ -го измерения  
 $\bar{X}$  – средняя арифметическая  
 $n$  – число измерений в группе (объем выборки)  
 $N$  – число измерений в эксперименте (объем генеральной совокупности)  
 $h$  – величина интервала вариационного ряда  
 $k$  – число интервалов (число уровней фактора)  
 $\sum$  – знак суммирования  
 $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение)  
 $\sigma^2$  – дисперсия  
 $S$  – стандартная ошибка статистической характеристики  
 $V$  – коэффициент вариации  
 $M_0$  – мода  
 $M_e$  – медиана  
 $f(x)$  – функция плотности распределения  
 $U$  – значение нормированного отклонения  
 $Sk$  – показатель скошенности  
 $Ek$  – показатель эксцесса  
 $A$  – оценка единичного результата измерения  
 $\bar{a}$  – средний результат измерений  
 $e$  – точность прямого измерения  
 $\delta$  – относительная погрешность прямого измерения  
 $a, b$  – коэффициенты уравнения регрессии  
 $r$  – парный линейный коэффициент корреляции  
 $D$  – коэффициент детерминации  
 $\eta$  – корреляционное отношение (нелинейный коэффициент корреляции)  
 $R$  – множественный коэффициент корреляции  
 $r_{xyz}$  – частный (парциальный) коэффициент корреляции  
 $\rho$  – ранговый коэффициент корреляции Спирмэна  
 $d$  – разность рангов  
 $T_4$  – тетракорический коэффициент сопряженности  
 $H_0$  – символ нулевой статистической гипотезы  
 $p$  – уровень значимости  
 $q$  – доверительная вероятность

$t$  – критерий Стьюдента

$F$  – критерий Фишера

$\nu$  – число степеней свободы

$Q$  – сумма квадратов отклонений

$\eta$  – внутриклассовый коэффициент корреляции

## Литература

1. Ашмарин, Б.А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании / Б.А. Ашмарин. – М. : Физкультура и спорт, 1978. – 233 с.
2. Баврин, И.И. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. / И.И. Баврин. – М. : Высш. шк., 2005. – 160 с.
3. Гинзбург, Г.И. Расчетно-графические работы по спортивной метрологии / Г.И. Гинзбург, В.Г. Киселев. – Минск : БГОИФК, 1984. – 112 с.
4. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – Изд. 7-е, стер. – М. : Высш.шк., 2000. – 479 с.
5. Годик, М.А. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физ. культуры / М.А. Годик. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.
6. Зациорский, В.М. Кибернетика, математика, спорт / В.М. Зациорский. – М. : Физкультура и спорт, 1969. – 234 с.
7. Ермолаев, О.Е. Математическая статистика для психологов : учеб.. – М. : Моск. психол.-соц. ин-т Флинта, 2003. – 336 с.
8. Масальгин, Н.А. Математико-статистические методы в спорте / Н.А. Масальгин. – М. : Физкультура и спорт, 1972. – 314 с.
9. Наследов, А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных / А.Д. Наследов. – СПб. : Речь, 2008. – 392 с.
10. Новицкий, П.И. Спортивная метрология / П.И. Новицкий, Ю.Ю. Хлопнов. – Витебск : Изд-во ВГУ им. П.М. Машерова, 2003. – 42 с.
11. Основы математической статистики : учеб. пособие для ин-тов физ. культуры / В.С. Иванов [и др.] ; под общ. ред. В.С. Иванова. – М. : Физкультура и спорт, 1990. – 176 с.
12. Плохинский, Н.А. Алгоритмы биометрии / Н.А. Плохинский. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 150 с.
13. Рукавицына, С.Л. Спортивная метрология: проверка эффективности методики тренировки с применением методов математической статистики: практикум для студентов БГУФК / С.Л. Рукавицына, Ю.О. Волков, Л.Л. Солтанович. – Минск : БГУФК, 2006. – 83 с.
14. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология : учеб. для студентов пед. вузов / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М. : Академия, 2000. – 232 с.
15. Спортивная метрология : учеб. для ин-тов физ. культуры / В.М. Зациорский [и др.] ; под общ. ред. В.М. Зациорского. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 256 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица критических точек распределения Пирсона

$K_1/K_2$	0,01	0,025	0,05	0,95	0,975	0,99
1	2	3	4	5	6	7
1	6,63490	5,02389	3,84146	0,00393	0,00098	0,00016
2	9,21034	7,37776	5,99146	0,10259	0,05064	0,02010
3	11,34487	9,34840	7,81473	0,35185	0,21580	0,11483
4	13,2767	11,14329	9,48773	0,71072	0,48442	0,29711
5	15,08627	12,8325	11,0705	1,14548	0,83121	0,55430
6	16,81189	14,44938	12,59159	1,63538	1,23734	0,87209
7	18,47531	16,01276	14,06714	2,16735	1,68987	1,23904
8	20,09024	17,53455	15,50731	2,73264	2,17973	1,64650
9	21,66599	19,02277	16,91898	3,32511	2,70039	2,08790
10	23,20925	20,48318	18,30704	3,94030	3,24697	2,55821
11	24,72497	21,92005	19,67514	4,57481	3,81575	3,05348
12	26,21697	23,33666	21,02607	5,22603	4,40379	3,57057
13	27,68825	24,7356	22,36203	5,89186	5,00875	4,10692
14	29,14124	26,11895	23,68479	6,57063	5,62873	4,66043
15	30,57791	27,48839	24,99579	7,26094	6,26214	5,22935
16	31,99993	28,84535	26,29623	7,96165	6,90766	5,81221
17	33,40866	30,19101	27,58711	8,67176	7,56419	6,40776
18	34,80531	31,52638	28,86930	9,39046	8,23075	7,01491
19	36,19087	32,85233	30,14353	10,11701	8,90652	7,63273
20	37,56623	34,16961	31,41043	10,85081	9,59078	8,26040
21	38,93217	35,47888	32,67057	11,59131	10,2829	8,89720
22	40,28936	36,78071	33,92444	12,33801	10,98232	9,54249
23	41,63840	38,07563	35,17246	13,09051	11,68855	10,19572
24	42,97982	39,36408	36,41503	13,84843	12,40115	10,85636

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7
25	44,31410	40,64647	37,65248	14,61141	13,11972	11,52398
26	45,64168	41,92317	38,88514	15,37916	13,84391	12,19815
27	46,96294	43,19451	40,11327	16,15140	14,57338	12,87850
28	48,27824	44,46079	41,33714	16,92788	15,30786	13,56471
29	49,58788	45,72229	42,55697	17,70837	16,04707	14,25645
30	50,89218	46,97924	43,77297	18,49266	16,79077	14,95346
31	52,19139	48,23189	44,98534	19,28057	17,53874	15,65546
32	53,48577	49,48044	46,19426	20,07191	18,29076	16,36222
33	54,77554	50,72508	47,39988	20,86653	19,04666	17,07351
34	56,06091	51,96600	48,60237	21,66428	19,80625	17,78915
35	57,34207	53,20335	49,80185	22,46502	20,56938	18,50893
36	58,61921	54,43729	50,99846	23,26861	21,33588	19,23268
37	59,89250	55,66797	52,19232	24,07494	22,10563	19,96023
38	61,16209	56,89552	53,38354	24,8839	22,87848	20,69144
39	62,42812	58,12006	54,57223	25,69539	23,65432	21,42616
40	63,69074	59,34171	55,75848	26,5093	24,43304	22,16426
41	64,95007	60,56057	56,94239	27,32555	25,21452	22,90561
42	66,20624	61,77676	58,12404	28,14405	25,99866	23,65009
43	67,45935	62,99036	59,30351	28,96472	26,78537	24,39760
44	68,70951	64,20146	60,48089	29,78748	27,57457	25,14803
45	69,95683	65,41016	61,65623	30,61226	28,36615	25,90127
46	71,20140	66,61653	62,82962	31,43900	29,16005	26,65724
47	72,44331	67,82065	64,00111	32,26762	29,95620	27,41585
48	73,68264	69,02259	65,17077	33,09808	30,75451	28,17701
49	74,91947	70,22241	66,33865	33,93031	31,55492	28,94065
50	76,15389	71,42020	67,50481	34,76425	32,35736	29,70668

Таблица достоверных (критических значений  $r$ )

$\eta = (N - 2)$	$p = 0,05 (5\%)$
3	0,88
4	0,81
5	0,75
6	0,71
7	0,67
8	0,63
9	0,60
10	0,58
11	0,55
12	0,53
13	0,51
14	0,50
15	0,48
16	0,47
17	0,46
18	0,44
19	0,43
20	0,42



Приложение 3

Таблица критических значений  $t$ -критерия Стьюдента

Число степеней свободы ( $k$ )	Вероятность ошибки			Число степеней свободы ( $k$ )	Вероятность ошибки		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
1	12,71	63,66	636,62	21	2,08	2,83	3,82
2	4,30	9,93	31,60	22	2,07	2,82	3,79
3	3,18	5,84	12,94	23	2,07	2,81	3,77
4	2,78	4,60	8,61	24	2,06	2,80	3,75
5	2,57	4,03	6,86	25	2,06	2,79	3,73
6	2,45	3,71	5,96	26	2,06	2,78	3,71
7	2,37	3,50	5,41	27	2,05	2,77	3,69
8	2,31	3,36	5,04	28	2,05	2,76	3,67
9	2,26	3,25	4,78	29	2,04	2,76	3,66
10	2,23	3,17	4,59	30	2,04	2,75	3,65
11	2,20	3,11	4,44	40	2,02	2,70	3,55
12	2,18	3,06	4,32	50	2,01	2,68	3,50
13	2,16	3,01	4,22	60	2,00	2,66	3,46
14	2,15	2,98	4,14	80	1,99	2,64	3,42
15	2,13	2,95	4,07	100	1,98	2,63	3,39
16	2,12	2,92	4,02	120	1,98	2,62	3,37
17	2,11	2,90	3,97	200	1,97	2,60	3,34
18	2,10	2,88	3,92	500	1,96	2,59	3,31
19	2,09	2,86	3,88	1000	1,96	2,58	3,29
20	2,09	2,85	3,85	( $\infty$ )			

Таблица оценки коэффициента корреляции ( $r$ )

$r$	$Kфm$	Оценка связи
$< 0,2$	4%	очень слабая
0,5	25%	слабая
0,7	50%	средняя
0,9	80%	сильная
$> 0,9$	$>$	очень сильная

Приложение 5

Таблица значений F-критерия Фишера при уровне значимости  $\alpha = 0,05$

$K_1$	1	2	3	4	5	6	8	12	24	$\infty$	
$K_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	161,5	199,5	215,7	224,6	230,2	233,9	238,9	243,9	249,0	254,3	
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50	
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53	
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63	
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36	
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67	
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23	
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93	
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71	
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54	
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40	
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30	
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21	
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13	
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07	
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01	
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96	
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92	
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88	
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84	
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81	

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
35	4,12	3,26	2,87	2,64	2,48	2,37	2,22	2,04	1,83	1,57
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
45	4,06	3,21	2,81	2,58	2,42	2,31	2,15	1,97	1,76	1,48
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,13	1,95	1,74	1,44
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,07	1,89	1,67	1,35
80	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,06	1,88	1,65	1,31
90	3,95	3,10	2,71	2,47	2,32	2,20	2,04	1,86	1,64	1,28
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,03	1,85	1,63	1,26
125	3,92	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,01	1,83	1,60	1,21
150	3,90	3,06	2,66	2,43	2,27	2,16	2,00	1,82	1,59	1,18
200	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	1,98	1,80	1,57	1,14
300	3,87	3,03	2,64	2,41	2,25	2,13	1,97	1,79	1,55	1,10
400	3,86	3,02	2,63	2,40	2,24	2,12	1,96	1,78	1,54	1,07
500	3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	2,11	1,96	1,77	1,54	1,06
1000	3,85	3,00	2,61	2,38	2,22	2,10	1,95	1,76	1,53	1,03
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1

Критические значения критерия знаков  $G$   
 для уровней статистической значимости  
 $\rho \leq 0,05$  и  $\rho \leq 0,01$

$n$	Уровни статистической значимости ( $\rho$ )		$n$	Уровни статистической значимости ( $\rho$ )		$n$	Уровни статистической значимости ( $\rho$ )	
	0,05	0,01		0,05	0,01		0,05	0,01
5	0	–	27	8	7	49	18	15
6	0	–	28	8	7	50	18	16
7	0	0	29	9	7	52	19	17
8	1	0	30	10	8	54	20	18
9	1	0	31	10	8	56	21	18
10	1	0	32	10	8	58	22	19
11	2	1	33	11	9	60	23	20
12	2	1	34	11	9	62	24	21
13	3	1	35	12	10	64	24	22
14	3	2	36	12	10	66	25	23
15	3	2	37	13	10	68	26	23
16	4	2	38	13	11	70	27	24
17	4	3	39	13	11	72	28	25
18	5	3	40	14	12	74	29	26
19	5	4	41	14	12	76	30	27
20	5	4	42	15	13	78	31	28
21	6	4	43	15	13	80	32	29
22	6	5	44	16	13	82	33	30
23	7	5	45	16	14	84	33	30
24	7	5	46	16	14	86	34	31
25	7	6	47	17	15	88	35	32
26	8	6	48	17	15	90	36	33

Примечание: преобладание «типичного» сдвига является достоверным, если  $G_{эмп}$  ниже или равно  $G_{0,05}$ , и тем более достоверным, если  $G_{эмп}$  ниже или равен  $G_{0,01}$ .

**Критические значения критерия Вилкоксона  $T$   
для уровней статистической значимости  
 $\rho \leq 0,05$  и  $\rho \leq 0,01$**

$n$	Уровни статистической значимости ( $\rho$ )		$n$	Уровни статистической значимости ( $\rho$ )	
	0,05	0,01		0,05	0,01
5	0	-	28	130	101
6	2	-	29	140	110
7	3	0	30	151	120
8	5	1	31	163	130
9	8	3	32	175	140
10	10	5	33	187	151
11	13	7	34	200	162
12	17	9	35	213	173
13	21	12	36	227	185
14	25	15	37	241	198
15	30	19	38	256	211
16	35	23	39	271	224
17	41	27	40	286	238
18	47	32	41	302	252
19	53	37	42	319	266
20	60	43	43	336	281
21	67	49	44	353	296
22	75	55	45	371	312
23	83	62	46	389	328
24	91	69	47	407	345
25	100	76	48	426	362
26	110	84	49	446	379
27	119	92	50	466	397

Примечание: типичный сдвиг является достоверно преобладающим по интенсивности, если  $T'_{эмл}$  ниже или равно  $T'_{0,05}$ , и тем более достоверно преобладающим, если  $T'_{эмл}$  ниже или равен  $T'_{0,01}$ .

Таблица значения критерия  $\chi^2$  Фридмана  
для уровней статистической значимости

m	0,10	0,05	0,02	0,01
1	2,7	3,8	5,4	6,6
2	4,6	6,0	7,8	9,2
3	6,3	7,8	9,8	11,3
4	7,8	9,5	11,7	13,3
5	9,2	11,1	13,4	15,1
6	10,6	12,6	15,0	16,8
7	12,0	14,1	16,6	18,5
8	13,4	15,5	18,2	20,1
9	14,7	16,9	19,7	21,7
10	16,0	18,3	21,2	23,2
11	17,3	19,7	22,6	24,7
12	18,5	21,0	24,1	26,2
13	19,8	22,4	25,5	27,7
14	21,1	23,7	26,9	29,1
15	22,3	25,0	28,3	30,6
16	23,5	26,3	29,6	32,0
17	24,8	27,6	31,0	33,4
18	26,0	28,9	32,3	34,8
19	27,2	30,1	33,7	36,2
20	28,4	34,1	35,0	37,6
21	29,6	32,7	36,3	38,9
22	30,8	33,9	37,7	40,3
23	32,0	35,2	39,0	41,6
24	33,2	36,4	40,3	43,0
25	34,4	37,7	41,6	44,3

Пример оформления титульного листа отчетов  
по лабораторным работам

Полоцкий государственный университет

Кафедра физической культуры и спорта

Отчеты  
по лабораторным работам  
по курсу «Спортивная метрология»

Выполнил(ла)  
*ФИО (полностью)*  
*Факультет*  
*Курс, группа*

Проверил  
*Преподаватель (ФИО полностью)*  
*Подпись \_\_\_\_\_*

Новополоцк, 2021



Пример оформления каждой лабораторной работы

*Дата*

Отчет по лабораторной работе

№ \_\_\_\_\_

*Название лабораторной работы* \_\_\_\_\_

Цель работы \_\_\_\_\_

Задание для самостоятельной работы \_\_\_\_\_

Ход выполнения \_\_\_\_\_

Выводы \_\_\_\_\_

Защита

Отметка за выполнение и защиту \_\_\_\_\_

*Подпись преподавателя и дата* \_\_\_\_\_