МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)

СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Учебное пособие для студентов

Иркутск 2017

УДК 796.01:006(075.8)
ББК75.1я73
С73

Рекомендовано к печати Учебно-методическим советом Педагогического института Иркутского государственного университета

Рецензенты:

О.В. Лимаренко, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры Института физической культуры, спорта и туризма ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

А.А. Русаков, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физкультурно-спортивных и медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет».

С73
Спортивная метрология: Учебное пособие для студентов/ Сост. С.В. Романова. – Иркутск: Изд-во «Аспринт», 2017. – 152 с.

ISBN 978-5-4340-0154-0

В учебном пособии излагаются основные методологические положения учебной дисциплины «Спортивная метрология», метрологические основы современной теории педагогического контроля в физическом воспитании и спорте.

Учебное пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения направления 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», направленность «Физическая культура – Безопасность жизнедеятельности», 44.03.01 «Педагогическое образование», направленность «Физическая культура», а также для начинающих спортивных педагогов и специалистов-тренеров как базовый теоретический материал к выполнению исследовательских работ в области физической культуры и спорта.

ISBN 978-5-4340-0154-0

© ФГБОУ ВО «ИГУ», 2017.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
Глава 1. Спортивная метрология как учебная и научная дисциплина. Роль метрологии в учебно-тренировочном процессе 6
1.1. Предмет спортивной метрологии 6
1.2. Измеряемые величины 14
1.3. Системы единиц физических величин: международная система единиц (СИ), производные системы СИ 18
1.4. Физические величины, подлежащие измерению в физической культуре и спорте 22
1.5. Спортивная тренировка как процесс управления. Понятие об управлении 25
1.6. Управление в спортивной тренировке. Комплексный контроль в физическом воспитании и спорте, использование его результатов в планировании подготовки спортсменов и физкультурников 31
Глава 2. Основы теории измерений 46
2.1. Определение измерения. Виды измерений 46
2.2. Средства измерений 53
2.3. Шкалы измерений. Факторы, влияющие на качество измерений 61
2.4. Точность измерений 73
Глава 3. Основы теории тестов 81
3.1. Определение теста 81
3.2. Метрологические требования к тестам: стандартность, надежность, информативность 93
3.3. Классификация тестов. Педагогические, психологические, тесты достижений, индивидуально ориентированные, тесты интеллекта, специальных способностей 112
3.4. Двигательные тесты: контрольные упражнения, стандартные функциональные пробы, максимальные функциональные пробы 119
Глава 4. Основы теории оценок 123
4.1. Проблема оценок. Основные понятия 123
4.2. Оценивание, стадии оценивания, задачи. Факторы и критерии оценивания 127
4.3. Таблица очков по видам спорта. Шкалы оценок, их типы. Нормы 131
4.4. Стандартная шкала, перцентильная шкала, шкалы выбранных точек, параметричсекие шкалы, шкала ГЦОЛИФКа 142
4.5. Оценка комплекса тестов 146
Список используемой и рекомендованной литературы 150

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время спортивная метрология продолжает путь одновременного развития как научной и как учебной дисциплины.

Целью освоения дисциплины «Спортивная метрология» является формирование необходимых знаний и компетенций для успешной педагогической деятельности, связанной с организацией информационных потоков, их обработкой и практическим применением в области спорта.

Задачи дисциплины:

1. Дать необходимые естественнонаучные и математические базовые знания в области измерений и контроля на занятиях спортом необходимые и достаточные для педагогической деятельности.

2. Научить использовать теоретические знания и практические умения в области спортивной метрологии в создании собственного опыта преподавания физической культуры;

3. Сформировать элементарную научно-исследовательскую компетенцию у будущих педагогов через умение работать с научной литературой, применять знания по дисциплине в подготовке курсовых и дипломной работ.

На основании анализа отечественного и зарубежного опыта автор рассматривает:

- метрологические основы теории и практики измерений в физической культуре и спорте;

- математико-статистические методы и их применение для обработки и анализа результатов различных форм контроля подготовки спортсменов;

- современные технические средства измерения и контроля в спорте;

- технологии и приемы регистрации, обработки и анализа показателей физического, функционального состояния организма спортсменов.

В предлагаемом учебном пособии сделана попытка помочь студентам в преодолении трудностей, связанных с овладением материалами изучаемой

дисциплины, приближением профессиональной подготовки бакалавра физической культуры к решению тех задач, с которыми ему придется столкнуться в работе.

Учебное пособие состоит из четырех глав, проиллюстрировано многочисленными примерами из разных видов спорта. Содержит наглядности в виде рисунков моделей управления, логических схем, таблиц распределения результатов измерений, алгоритмов решения.

В конце каждой главы предусмотрены вопросы для самоконтроля, которые позволят проверить усвоение учебного материала студентами.

Структура и содержание учебного пособия по спортивной метрологии полностью соответствует требованиям федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленность подготовки «Физическая культура – Безопасность жизнедеятельности», 44.03.01 Педагогическое образование, направленность подготовки «Физическая культура» и рабочей программы дисциплины.

ГЛАВА 1. СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ КАК УЧЕБНАЯ И НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА. РОЛЬ МЕТРОЛОГИИ В УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1. Предмет спортивной метрологии

В практической жизни человек имеет дело с измерениями, которые ведутся в промышленности, сельском хозяйстве, торговле, военном деле, при охране труда и окружающей среды, медицине, педагогике, психологии, в быту, спорте и т.д. Благодаря измерениям возможно управление технологическими процессами, промышленными предприятиями, подготовкой спортсменов и народным хозяйством в целом. Резко возросли и продолжают расти требования к точности измерений, быстроте получения измерительной информации, измерению комплекса физических величин.

Измерения на определенном этапе своего развития привели к возникновению метрологии, которая в настоящее время определяется как «наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности». Это определение свидетельствует о практической направленности метрологии, которая изучает измерения физических величин и образующие эти измерения элементы, разрабатывает необходимые правила и нормы[15].Слово «метрология» в переводе с древнегреческого означает «наука об измерениях» (metro – мера, logos – учение, наука).Долгое время метрология оставалась в основном описательной наукой о различных мерах и соотношениях между ними. С конца девятнадцатого века благодаря прогрессу физических наук метрология получила существенное развитие. Большую роль в становлении современной метрологии как одной из наук физического цикла сыграл Д.И. Менделеев, руководивший отечественной метрологией в период 1892-1907 гг. Традиционно метрология занималась измерением только физических величин. Были созданы методы,

позволяющие измерять разнообразные показатели нефизической природы (психологические, биологические, социологические, педагогические и др.). Однако среди метрологов не сложилось единой точки зрения о границах своей науки, и мы придерживаемся распространенного толкования метрологии как науки обо всех видах измерения.

Гениально высказался нобелевский лауреат Арчибальд Вивиан Хилл: «Наибольшее количество сконцентрированных физиологических данных содержится не в книгах по физиологии …, а в мировых рекордах по бегу». Первым заинтересовался «кривой рекордов» Кенелли [17], предложивший для ее описания гиперболическую функцию. Публикация Кенелли предопределила дальнейшее развитие работ в этой области. Созданная им интерполяционная формула для описания «кривой рекордов» оставалась неизменной долгое время. Для аппроксимации 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 века были предприняты попытки перейти к содержательному математическому описанию «кривой рекордов» на основе некоторых модельных представлений о факторах, ограничивающих работоспособность при напряженных физических упражнениях. Первым предложилХенри (1954, 1955) использовать пятичленное экспоненциальное выражение. Он исходил из того, что в «кривой рекордов» должно находить отражение существование четырех различных источников энергии при мышечной деятельности: распад макроэнергетических фосфорных соединений, гликолиз, аэробное окисление углеводов и жиров. Пятый член предложенного Хенри выражения характеризует затраты энергии на начальное ускорение со старта. Предложенное им уравнение позволило с

большой точностью предсказать достижения в широком диапазоне дистанций [4]. Сходный модельный подход использовали также Тарнер и Кемпбелл, предложившие «биометрическую теорию рекордов» в беге от 400 до 10000 м. Авторы исходили из того, что длительное передвижение с постоянной скоростью возможно лишь при так называемых субкритических скоростях, где O_2 – 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 O_2 – 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[1]. Наиболее полно и методически обоснованно современное состояние спортивной метрологии изложено В.М. Зациорским [8] и М.А. Годиком [6] в учебниках «Спортивная метрология» для институтов физической культуры и в учебном пособии с тождественным названием С.В. Начинской [12]. В них изложены:

- основы измерений в физической культуре и спорте (измерение физических величин, единицы измерений и показателей в спортивной метрологии, средства измерений, шкалы, объекты измерений в спортивной метрологии, нормы, шкалы оценок);

- методы первичной обработки фактического измерения материала (метод средних величин – образование вариационных рядов, виды вариационных рядов и их графическое изображение, решение типовых задач методом средних величин; выборочный метод − основные понятия выборочного метода,

- элементы теории вероятностей, нормальный закон распределения, соответствие нормальному закону, организация выборки, определение показателей генеральной совокупности, понятие о статистической достоверности, решение типовых задач ФКС на статистическую достоверность;

- корреляционный анализ – способы анализа силы взаимосвязи, виды корреляции, способы выражения корреляции, коэффициент корреляции Бравэ-Пирсона, ранговый коэффициент корреляции Спирмена, корреляционные отношения, множественная корреляция, решение типичных задач ФКС на корреляцию, графическое изображение статистических данных);

- принципы выявления тенденций и закономерностей в спорте (анализ и прогноз – использование анализа, прогноза и многомерных методов, ряды динамики (временные ряды)), метод индексов, дисперсионный анализ;

- квалиметрия, или методы количественной оценки качества показателей – атрибутивные понятия, анкетирование, латентный анализ, экспертизы, или метод экспертных оценок; контент-анализ-классификация, определение критерия классификации, факторный анализ, метод корреляционных плеяд, комбинаторный анализ;

- подходы к тестированию спортсменов (европейское и американское тестирование, общепринятые тесты, надежность и информативность тестов);

- принципы моделирования спортивных состязаний (принцип статистического перебора – шаг перебора и комплект моделей, модель «Тактика спринтерского бега», модель «Режимы прохождения дистанций в академической гребле»; принцип сравнения с эталоном – модель «Техника старта в велосипедном спорте»; принцип комбинаторных сочетаний – определение принципа комбинаторных сочетаний, модель «Атакующие действия в фехтовании», принцип эталонизации средств физического воздействия, связка статистических методов).

Кроме того, заслуживает отдельного внимания учебник и словарь-справочник по спортивной метрологии В.Б. Коренберга, который содержит более 1600 терминов, раскрывающих важные положения для контроля процесса спортивной подготовки[1].

Спортивная метрология – наука об измерениях в физическом воспитании и спорте. Специфика спортивной метрологии заключается в том,

что объектом измерения является живая система – человек. В связи с этим спортивная метрология имеет ряд принципиальных отличий от области знаний, рассматривающей традиционные классические измерения физических величин. Специфику спортивной метрологии определяют следующие особенности объекта измерений:

- Изменчивость – непостоянство переменных величин, характеризующих физиологическое состояние человека и результаты его спортивной деятельности. Все показатели (физиологические, морфо-анатомические, психофизиологические и т. п.) постоянно меняются, поэтому необходимы многократные измерения с последующей статистической обработкой полученной информации.

- Многомерность – необходимость одновременного измерения большого числа переменных, характеризующих физическое состояние и результат спортивной деятельности.

- Квалитативность – качественный характер ряда измерений при отсутствии точной количественной меры.

- Адаптивность – способность приспосабливаться к новым условиям, что зачастую маскирует истинный результат измерения.

- Подвижность – постоянное перемещение в пространстве, характерное для большинства видов спорта и существенно усложняющее процесс измерения.

- Управляемость – возможность целенаправленного влияния на действия спортсмена в ходе тренировки, зависящего от объективных и субъективных факторов.

Таким образом, спортивная метрология не только занимается традиционными техническими измерениями физических величин, но и решает важные задачи управления тренировочным процессом:

- используется как инструментарий для измерения биологических, психологических, педагогических, социологических и других показателей, характеризующих деятельность спортсмена;

- представляет исходный материал для биомеханического анализа двигательных действий спортсмена.

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.

Цель спортивной метрологии – осуществление комплексного контроля для достижения максимальных спортивных результатов и сохранения здоровья спортсмена на фоне высоких нагрузок.

В ходе спортивно-педагогических исследований и при осуществлении тренировочного процесса измеряется множество различных параметров. Все они подразделяются на четыре уровня:

1. Единичные – раскрывают одну величину отдельного свойства изучаемой биологической системы (например, время простой двигательной реакции).

2. Дифференциальные – характеризуют одно свойство системы (например, быстрота).

3. Комплексные – относятся к одной из систем (например, физическая подготовленность).

4. Интегральные – отражают суммарный эффект функционирования различных систем (например, спортивное мастерство).

Основой для определения всех перечисленных параметров являются единичные параметры, которые сложным образом связаны с параметрами более высокого уровня. В спортивной практике наиболее распространены параметры, служащие для оценки основных физических качеств.

Разделы спортивной метрологии представлены на рис. 1. Каждый из них составляет самостоятельную область знаний. С другой стороны, они тесно связаны между собой. Например, чтобы оценить по принятой шкале уровень скоростно-силовой подготовленности легкоатлета-спринтера на

определенном этапе тренировки, необходимо подобрать и провести соответствующие тесты (прыжок в высоту с места, тройной прыжок и т. д.). В ходе тестов нужно осуществить с требуемой точностью измерение физических величин (высоты и длины прыжка в метрах и сантиметрах). С этой целью могут быть использованы контактные или бесконтактные средства измерений.

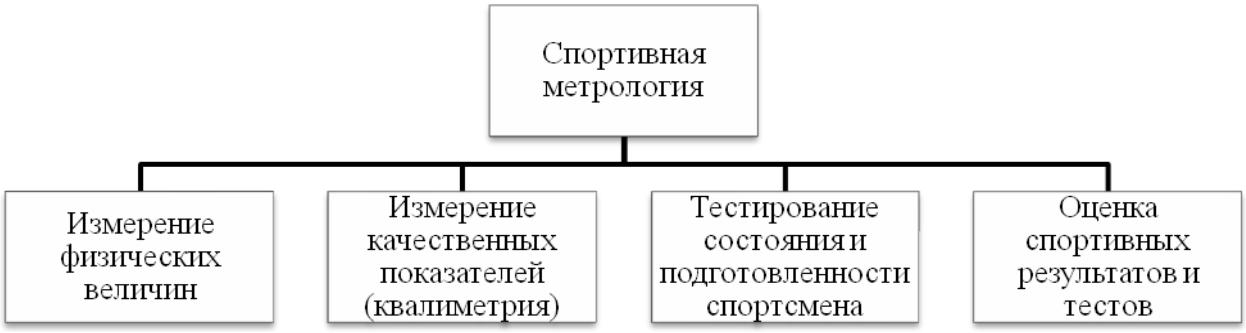

Рис. 1. Разделы спортивной метрологии

Для одних видов спорта в основе комплексного контроля лежит измерение физических величин (в легкой атлетике, тяжелой атлетике, плавании и т. п.), для других – качественных показателей (в художественной гимнастике, фигурном катании и т. п.). В том и другом случае для обработки результатов измерений используется соответствующий математический аппарат, позволяющий сделать на основе проведенных измерений и оценок корректные выводы.

Спортивная метрология – молодая дисциплина, она переживает период быстрого становления и развития [9].

Следует различать спортивную метрологию как теоретическую дисциплину, как методический компонент спортивной педагогики и как учебную дисциплину. В рамках каждой из этих областей нужно рассматривать свойственный ей круг вопросов, решать соответствующие задачи, использовать адекватные методы и приемы.

Круг вопросов, подлежащих рассмотрению в спортивной метрологии как научной дисциплине, очень широк, поскольку физическое воспитание и спортивная подготовка опираются на ряд других научных и прикладных дисциплин: на теорию физического воспитания, теорию спорта, теории и методики видов спорта, педагогику, психологию, логику, эвристику, кибернетику, медицину, физиологию, биомеханику, теорию спортивных сооружений, математическую статистику. Помимо системной интеграции положений разных дисциплин, всегда связанной с появлением новых научных знаний и проблем, возникают и свои особые научные знания, которые нужно решать специфическими методами спортивной метрологии.

Спортивная метрология как прикладная дисциплина (т.е. как методический компонент спортивной педагогики) формируется в соответствии с теми требованиями практики физического (в большей степени телесного) воспитания и спорта, которые насущны для настоящего их состояния, для состояния теории и методики видов спорта, материально-технической обеспеченности и материальных возможностей, подготовленности преподавателей, тренеров, вспомогательного персонала. Задачи, решаемые в спортивно-метрологической практике: 1) обеспечение качества измерений, 2) обеспечение адекватного тестирования и педагогически целесообразного оценивания, 3) формирование адекватных различным ситуациям норм, 4) научное и методическое обеспечение контроля за подготовкой занимающихся и их отбора.

Учебная дисциплина «Спортивная метрология» должна: 1) отражать современное состояние, а значит, достижения спортивной метрологии как науки; 2) отражать потребности и реальные возможности физкультурно-спортивной практики в использовании тех или иных метрологических средств; 3) учитывать профессиональные и в некоторой степени непрофессиональные интересы занимающихся и их особенности применительно к освоению материала курса; 4) ориентироваться на объем в

часах, выделенный в учебном плане на преподавание этой дисциплины, и материально-техническую обеспеченность процесса преподавания.

1.2. Измеряемые величины

Известно, чтопредметом познания являются объекты, свойства и явления окружающего мира. Например, таким объектом может служить окружающее нас пространство, а его свойством – протяженность, которая может характеризоваться различными способами.

Общепринятой характеристикой (мерой) пространственной протяженности служит длина. Однако протяженность реального физического пространства – сложное свойство, которое не может характеризоваться только длиной. Для полного описания пространства рассматривается его протяженность по нескольким направлениям (координатам) или используются еще такие меры, как угол, площадь, объем. Таким образом, пространство многомерно[15].

Любые события и явления в реальном мире не происходят мгновенно, а имеют некоторую длительность. Это свойство окружающего нас мира качественно отличается от пространственной протяженности. Его также можно характеризовать по-разному, но общепринятой мерой здесь является время.

Свойство тел сохранять в отсутствие внешних воздействий состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется инертностью. Мерой инертности служит масса.

Свойство тел, состоящее в том, что они, нагретые до некоторого состояния, качественно отличаются от предыдущего, могло бы характеризоваться средней скоростью теплового движения молекул, но распространение получила мера нагретости тел –термодинамическая температура.

Общепринятые или установленные законодательным путем характеристики (меры) различных свойств, общих в качественном отношении для многих физических объектов (физических систем, их состояний и происходящих в них процессов), но в количественном отношении индивидуальных для каждого из них, называются физическими величинами [12, 15].

Кроме длины, времени, температуры, массы к физическим величинам относятся плоский и телесный угол, сила, давление, скорость, ускорение, электрическое напряжение, сила электрического тока, индуктивность, освещенность и многие другие. Все они определяют некоторые общие в качественном отношении физические свойства, количественные характеристики которых могут быть совершенно различными. Получение сведений об этих количественных характеристиках является задачей измерений.

Переход к количественным методам исследований на основе измерительной информации стал отличительной чертой нашего времени. Привычным стало измерение знаний учащихся, мастерства спортсменов и исполнителей художественных произведений, вдохновения, красоты, таланта и других свойств, общих в качественном, но индивидуальных в количественном отношении.

Между измеряемыми величинами существуют связи и зависимости, выражаемые математическими отношениями и формулами. В подобных зависимостях одни величины выступают как основные, а другие – как производные от них. Основные величины независимы друг от друга, но они могут служить основой для установления связей с другими физическими величинами, которые называют производными от них.

Основными принято называть единицы, величины которых определяют по специальным образцам – эталонам. Выбрав несколько основных единиц, вводят связанные с ними производные единицы измерения. Производные единицы измерения могут быть получены из основных путем

арифметических преобразований или формул. Так, единица измерения длины (метр – м) и единица измерения времени (секунда – с) – основные единицы, а единица измерения скорости (метр за секунду –м/с) – производная единица измерения.

Словом «величина» часто пытаются выразить размер данной конкретной физической величины. Говорят: величина давления, величина скорости, величина напряжения. Это неправильно, так как давление, скорость, напряжение в правильном понимании этих слов являются величинами, и говорить о величине величины нельзя.

Единица физической величины– физическая величина, которой по определению придано значение, равное единице. Можно сказать также, что единица физической величины – такое ее значение, которое принимают за основание для сравнения с ним физических величин того же рода при их количественной оценке.

Количественная оценка конкретной физической величины, выраженная в виде некоторого числа единиц данной величины, называется значением физической величины. Отвлеченное число, входящее в «значение» величины, называется числовым значением.

Первоначально единицы физических величин выбирались произвольно, без какой-либо связи друг с другом, что создавало большие трудности. Значительное число произвольных единиц одной и той же величины затрудняло сравнение результатов измерений, произведенных различными наблюдателями.

В каждой стране, а иногда даже в каждом городе создавались свои единицы. Перевод одних единиц в другие был очень сложен и приводил к существенному снижению точности результатов измерений.

Основой системы мер в древнерусской практике послужили древнеегипетские единицы измерений, а они, в свою очередь, были заимствованы в Древней Греции и Риме. Естественно, что каждая система

мер отличалась своими особенностями, связанными не только с эпохой, но и с национальным менталитетом.

Наименования единиц и их размеры соответствовали возможности осуществления измерений «подручными» способами, не прибегая к специальным устройствам. Так, на Руси основными единицами длины были пядь и локоть, причем пядь служила основной древнерусской мерой длины и означала расстояние между концами большого и указательного пальцев взрослого человека. Позднее, когда появилась другая единица – аршин, пядь (1/4 аршина) постепенно вышла из употребления.

Мера «локоть» пришла к нам из Вавилона и означала расстояние от сгиба локтя до конца среднего пальца руки (иногда – сжатого кулака или большого пальца).

С XVIII века в России стали применяться дюйм, заимствованный из Англии (назывался он «палец»), и английский фут. Особыми русскими мерами были сажень, равная трем локтям (около 152 см), и косая сажень (около 248 см).

Пожалуй, каждый мальчишка знает размеры футбольных ворот: ширина 7,32 и длина 2,44 м. Странные цифры? Почему 7,32, а не ровно 7 или 7,5 м? А потому, что у родоначальников футбола – англичан – 7,32 м это ровно 24 фута, а 2,44 м – ровно 8 футов. Фут по-английски значит нога, ступня. Он равен 0,305 метра.

Указом Петра I русские меры длины были согласованы с английскими, и это по существу стало первой ступенью гармонизации российской метрологии с европейской.

По мере развития техники, а также международных связей трудности использования результатов измерений возрастали и тормозили дальнейший научно-технический прогресс. Положение осложнялось еще и тем, что соотношения между дольными и кратными единицами были необычайно разнообразны. Во второй половине XVIII века в Европе насчитывалось до

сотни футов различной длины, около полусотни различных миль, свыше 120 различных фунтов [15].

1.3. Системы единиц физических величин: международная система единиц (СИ), производные системы СИ

Первая система мер была разработана в период Великой французской революции в конце XVIII века (в 1790 г.). Это известная всем метрическая, или десятичная, система мер. Большое значение введения в России метрической системы мер, принятой во Франции, подчеркнул Д.И.Менделеев, предсказав большую роль всеобщего распространения метрической системы как средства содействия «будущему желанному сближению народов»[15].Отражая уровень знаний того времени, метрическая система мер включала в себя лишь единицы длины за которую был принят метр, веса – вес 1 см^3 химически чистой воды при температуре около +4°С– грамм (позже – килограмм). В 1799г. были изготовлены первые прототипы (эталоны) метра и килограмма. Кроме этих двух единиц метрическая система в своем первоначальном варианте включала еще и единицы площади (ар – площадь квадрата со стороной 10 м), объема (стер, равный объему куба с ребром 10 м), вместимости (литр, равный объему куба с ребром 0,1 м). Таким образом, в метрической системе еще не было четкого подразделения единиц величин на основные и производные. Понятие системы единиц как совокупности основных и производных впервые предложено немецким ученым К.Ф. Гауссом 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, так как они являются основой построения системы единиц других величин. Единицы, выраженные через основные единицы, называют производными. Полная совокупность основных и производных единиц, установленных таким путем, и является системой единиц

физических величин.В качестве основных в этой системе были приняты: единица длины – миллиметр, единица массы – миллиграмм, единица времени – секунда. Эту систему единиц назвали абсолютной [15].

Работы над совершенствованием системы мер продолжились. В 1881 г. была принята система единиц физических величин СГС, основными единицами которой были: сантиметр – единица длины, грамм – единица массы, секунда – единица времени. Производными единицами системы считались единица силы – килограмм-сила и единица работы – эрг. Неудобство системы СГС состояло в трудностях пересчета многих единиц в другие системы для определения их соотношения. В начале XX в. итальянский ученый Джорджи предложил еще одну систему единиц, получившую название МКСА (в русской транскрипции) и довольно широко распространившуюся в мире. Основные единицы этой системы: метр, килограмм, секунда, ампер (единица силы тока), а производные: единица силы – ньютон, единица энергии – джоуль, единица мощности – ватт. Были и другие предложения, что указывает на стремление к единству измерений в международном аспекте. В то же время даже сейчас некоторые страны не отошли от исторически сложившихся у них единиц измерения. Известно, что Великобритания, США, Канада основной единицей массы считают фунт, причем его размер в системе «британских имперских мер» и «старых винчестерских мер» различен [1].

Нарастала необходимость создания единой универсальной системы единиц, которая охватывала бы все отрасли науки и техники и была бы принята в международном масштабе.

Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) в 1954 г. определила шесть основных единиц физических величин для их использования в международных отношениях: метр, килограмм, секунда, ампер, градус Кельвина и свеча. XI «Генеральная конференция по мерам и весам» в 1960 г. утвердила международную систему единиц, обозначаемую SI (от начальных букв французского названия SystemeInternational d' Unites),

на русском языке – СИ. В последующие годы генеральная конференция приняла ряд дополнений и изменений, в результате чего в системе стало семь основных единиц, дополнительные и производные единицы физических величин, а также разработала следующие определения основных единиц[1]:

- единица длины – метр – длина пути, которую проходит свет в вакууме за 1/299792458 долю секунды;

- единица массы – килограмм – масса, равная массе международного прототипа килограмма;

- единица времени – секунда – продолжительность 9192631770 периодов излучения, которое соответствует переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущения со стороны внешних полей;

- единица силы электрического тока – ампер – сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, создал бы между этими проводниками силу, равную 2×10-7 Н на каждый метр длины;

- единица термодинамической температуры – кельвин – 1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки йоды. Допускается также применение шкалы Цельсия;

- единица количества вещества – моль – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде углерода-12 массой 0,012 кг;

- единица силы света – кандела – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540×1012 Гц, энергетическая сила которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Приведенные определения довольно сложны и требуют достаточного уровня знаний, прежде всего в физике. Но они дают представление о природном, естественном происхождении принятых единиц, а толкование их усложнялось по мере развития науки и благодаря новым высоким

достижениям теоретической и практической физики, механики, математики и других фундаментальных областей знаний. Это дало возможность, с одной стороны, представить основные единицы как достоверные и точные, а с другой – как объяснимые и как бы понятные для всех стран мира, что является главным условием для того, чтобы система единиц стала международной. Международная система СИ считается наиболее совершенной и универсальной по сравнению с предшествовавшими ей. Кроме основных единиц в системе СИ есть дополнительные единицы для измерения плоского и телесного углов – радиан и стерадиан соответственно, а также большое количество производных единиц пространства и времени, механических величин, электрических и магнитных величин, тепловых, световых и акустических величин, а также ионизирующих излучений. После принятия международной системы единиц ГКМВ практически все крупнейшие международные организации включили ее в свои рекомендации по метрологии и призвали все страны – члены этих организаций принять ее. В нашей стране система СИ официально была принята путем введения в 1963 году соответствующего государственного стандарта, причем следует учесть, что в то время все государственные стандарты имели силу закона и были строго обязательны для выполнения. На сегодняшний день система СИ действительно стала международной, но вместе с тем, применяются и внесистемные единицы, например, тонна, сутки, литр, гектар и др[1].Метрологи имеют дело с большим массивом, так называемых внесистемных единиц, и поэтому возникает необходимость в классификации этих «единиц». Существует несколько подходов к решению этого вопроса.

Совершенствование методов спортивных измерений всегда связано с изобретением новых единиц измерения [15]. Так, точность измерения выносливости значительно повысилась с тех пор, как техника газового анализа стала общедоступной и аэробные возможности спортсмена начали оценивать величиной максимального потребления кислорода в пересчете на массу спортсмена (мл/кг/мин).

1.4. Физические величины, подлежащие измерению в физической культуре и спорте

Спортивная метрология – отрасль знаний, посвященная изучению методов и способов измерений физических величин в физической культуре и спорте [12].

В работах основоположников спортивной метрологии В.М. Зациорского, М.А.Годика, В.В.Иванова и других для проведения спортивно-педагогических измерений предлагались основные и производные единицы измерений[8, 6, 14].

К основным относятся: сила – ньютон (Н); температура – градусы Цельсия (°С), частота – герц (Гц), давление – паскаль (Па), объем – литр, миллилитр (л, мл).

С помощью расчетов из этих основных единиц получают производные. Например, работа, производимая движущимся телом, измеряется как произведение силы на массу (Ньютон×метр – Н×м); мощность – как работа в единицу времени (Н×м/с), скорость – как производная расстояния по времени (м/с) и т.д.

Достаточно широко используются в практике внесистемные единицы. Например, мощность измеряется в лошадиных силах (л.с.), энергия – в калориях, давление – в миллиметрах ртутного столба и т.д. В последнее время от них постепенно отказываются. Однако в некоторых учебниках по специализации, физиологии, биохимии экспериментальный материал представлен во внесистемных единицах, для перевода их в СИ можно использовать следующие отношения:

1 Н = 0,102 кг (силы);

1 Нм = 1 Дж (джоуль) = 0,102 кгм = 0,000239 ккал.

Один ньютон-метр слишком незначителен по величине, и поэтому работу спортсмена (или энергию, выделяемую при выполнении упражнений) чаще измеряют в килоджоулях:

1 кДж = 1000 Нм = 0,239 ккал = 102 кгм.

Интенсивность (или мощность) упражнений измеряется в ваттах:

1 Вт = 1 Дж/с = 1 Н × м/с = 0,102 кгм/с.

Соответственно 1000 Вт = 1 кВт = 102 кгм/с.

В практике спорта широкое распространение получил такой показатель, как энерготраты (в ккал) при выполнении упражнений в единицу времени (мин):

1 ккал/мин = 69,767 Вт = 426,85 кгм/мин = 4,186 кДж/мин.

Используется и такая единица, как МЕТ (метаболический эквивалент). Он равен:

1 МЕТ = 0,0175 ккал/кг = 0,0732 кДж/кг.

Довольно часто, оценивая интенсивность упражнения, отмечают, что оно выполняется при потреблении кислорода на уровне, предположим, 4 л/мин. Необходимо запомнить, что при потреблении 1 л O_2 выделяется 5,05 ккал энергии и совершается работа, равная 21,237 кДж. Следовательно, при выполнении этого упражнения будет затрачиваться 20,2 ккал/мин, что соответствует работе в 84,95 кДж.

В своей работе С.В. Начинская предлагает современную модернизированную систему единиц измерения, которая представлена основными и производственными[12].

Основные единицы измерений в спортивной метрологии:

длина – метр (м), сантиметр (см), миллиметр (мм);

масса – килограмм (кг), грамм (г), миллиграмм (мг);

время, период – секунда (с), минута (мин), час (ч);

сила электрического тока – ампер (А);

температура – Кельвин (К), градус Цельсия (°С).

Производные единицы измерений в спортивной метрологии:

сила – ньютон (1 Н = 1 кг × м/с^2);

скорость – метр в секунду (м/с);

объем – литр (л);

угол поворота – градус угловой (... °), радиан (рад);

темп (частота) – движений в секунду ($с^{-1}$);

ускорение – метр на секунду в квадрате ($м/с^2$);

момент инерции – килограмм-метр в квадрате ($кг \times м^2$); момент силы – ньютон-метр (Н×м);

импульс силы – ньютон-секунда (Н×с);

мощность – ватт (Вт).

Основные и производные функциональные показатели всех систем организма в спортивной метрологии:

кинетическая энергия – Дж;

потенциальная энергия – Дж;

скорость потребления кислорода – мл/мин;

метаболический эквивалент (МЕТ) – количество кислорода, потребляемого в 1 мин на 1 кг массы тела;

частота сердечных сокращений (ЧСС) – уд./мин;

легочная вентиляция (ЛВ) – л/мин;

лактат в крови – мг %, ммоль/кг, ммоль/л;

анаэробная мощность – ккал/мин;

максимальное потребление кислорода (МПК) – л/мин;

мощность работы – ккал/мин;

концентрация глюкозы в крови – мг %;

максимальная аэробная мощность – % МПК;

максимальный кислородный долг – мл/кг;

жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – л;

легочная вентиляция – л/мин;

парциальное напряжение O_2 в артериальной крови – мм рт.ст.;

порог анаэробного обмена (ПАНО) – % от МПК;

максимальный сердечный выброс – л/мин;

общий объем сердца – $см^3$;

относительный объем сердца – $см^3/кг$;

скорость потребления кислорода – л/мин;

мощность фосфагенной системы – Вт/с;

емкость анаэробной системы – кал/кг.

Если рассматривается соотношение абсолютных величин, то показатель становится относительным, например: сердечный выброс спортсмена – А (л/мин), максимальный сердечный выброс – В (л/мин), отношение этих величин представляет собой безразмерную величину

$$k = \frac{A}{B}.$$

Кроме того, в практике физического воспитания и спорта широко распространен подсчет каких-либо действий спортсмена: количество элементов защиты и нападения, количество повторений определенных упражнений и т.д.

Представленные выше единицы измерений составляют основу для количественных исследований в физическом воспитании и спорте. Исходные данные, выраженные в этих единицах, используются для практических измерений, которые осуществляются с помощью специальных приборов и устройств – средств измерений.

1.5.Спортивная тренировка как процесс управления. Понятие об управлении

В большом энциклопедическом словаре, управление, в самом общем виде рассматривается как элемент, функция организационных систем различной природы (биологических, социальных, технических), обеспечивающих сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализации их программ [3].

В исследовании сложных динамических систем и присущих им процессов управления наиболее общее понятие управления выработано кибернетикой, несмотря на то, что вообще, понятие «управление» в целом

ряде наук, особенно в биологии, социологии и технике, сформировалось задолго до ее появления. Однако неоценимое значение кибернетики состоит в том, что она раскрыла общие черты, закономерности, присущие управленческим процессам во всех известных типах самоуправляемых систем [2].

Феномен управления долгое время считался исключительно общественным явлением, результатом сознательной деятельности человека. Исследования, выполненные при создании сложных технических систем на рубеже 40-50-х годов XX века, а также успехи, достигнутые в биологических науках, позволили приблизиться к более глубокому пониманию сущности феномена управления, существенному расширению видимой сферы действия управленческих процессов.

Управлением в науке называется перевод какой-либо системы в желаемое состояние [16].

Процесс управления в своей сущности представляет собой антипод процесса дезорганизации, так как позволяет стабилизировать систему, сохранить ее динамическое равновесие со средой и обеспечить достижение того или иного полезного эффекта. Управление сложными динамическими системами, поддержание их подвижного равновесия осложняется тем обстоятельством, что функционирование подобного рода систем осуществляется в условиях непрерывных изменений внутренней и внешней среды. Тогда задача управления состоит в том, чтобы возможно эффективнее отвечать на данные перемены, ассимилировать или, по крайней мере, реализовать возмущающие воздействия на систему, что обеспечивается своеобразной перестройкой ее структуры соответственно изменившимся условиям [2].

Как отмечает И.Б. Новик (1963, с 25): «В самом общем виде управление может быть определено как упорядочивание системы, т. е. приведение ее в соответствие с определенной объективной закономерностью, действующей в данной среде» [13].

Другими словами, процесс управления есть не что иное, как упорядочивание системы. Так как одной из ключевых задач управления является сохранение качественной определенности системы посредством ее перевода из одного состояния в другое, то упорядочивающее воздействие приводит систему в соответствие с присущими ей объективными закономерностями и тенденциями, характеризующими ее качественную определенность.

Под «системой» в системном подходе подразумевается упорядоченная совокупность элементов, взаимосвязанных друг с другом таким образом, что они образуют некоторое интегральное целое, не сводимое к частям. Это понятие в рамках системного подхода считается наиболее емким по отношению к целому ряду других понятий, в частности таких, как «элементы», их «связи», «структура», «организация» и «управление» [11]. Примерами систем являются: сердечно-сосудистая система человека, организм спортсмена, система «спортсмен – тренер», спортивный клуб и т.п. В любой системе различают так называемые стороны. В вещественной системе 3 стороны: состав, структура и функция; в функциональной системе 2 стороны: состав и структура. Состав системы – все включенные в нее элементы, структура – содержательная схема взаимосвязей элементов и их функциональных объединений, называемых подсистемами. Связь между элементами каждой из подсистем (внутри нее) сильнее связи между подсистемами. Однотипные системы (например, сердечно-сосудистые системы разных спортсменов) имеют однотипные свойства, отличающиеся по величине. Величина, характеризующая какое-либо свойство системы, называется переменной (другие названия – характеристика, параметр, показатель). Всякая реальная система характеризуется большим числом переменных. Переменные, которые важны с точки зрения рассматриваемой задачи, называются существенными (или информативными), а те, которые с этой точки зрения не важны, – несущественными (или неинформативными) [16].

Состояние системы (в данный момент времени) определяется совокупностью значений ее существенных переменных.

Проиллюстрировать состояние системы по В.М. Зациорскому можно графически в виде точки в системе координат [16]. Например, известно, что для прыгунов в длину большое значение имеет максимальная скорость разбега и прыгучесть (способность сообщить своему телу большую скорость при отталкивании). Если отложить на графике (рис. 2) показатели скорости разбега и результаты в прыжках с места, то получим наглядное изображение состояния спортсмена (на плоскости).

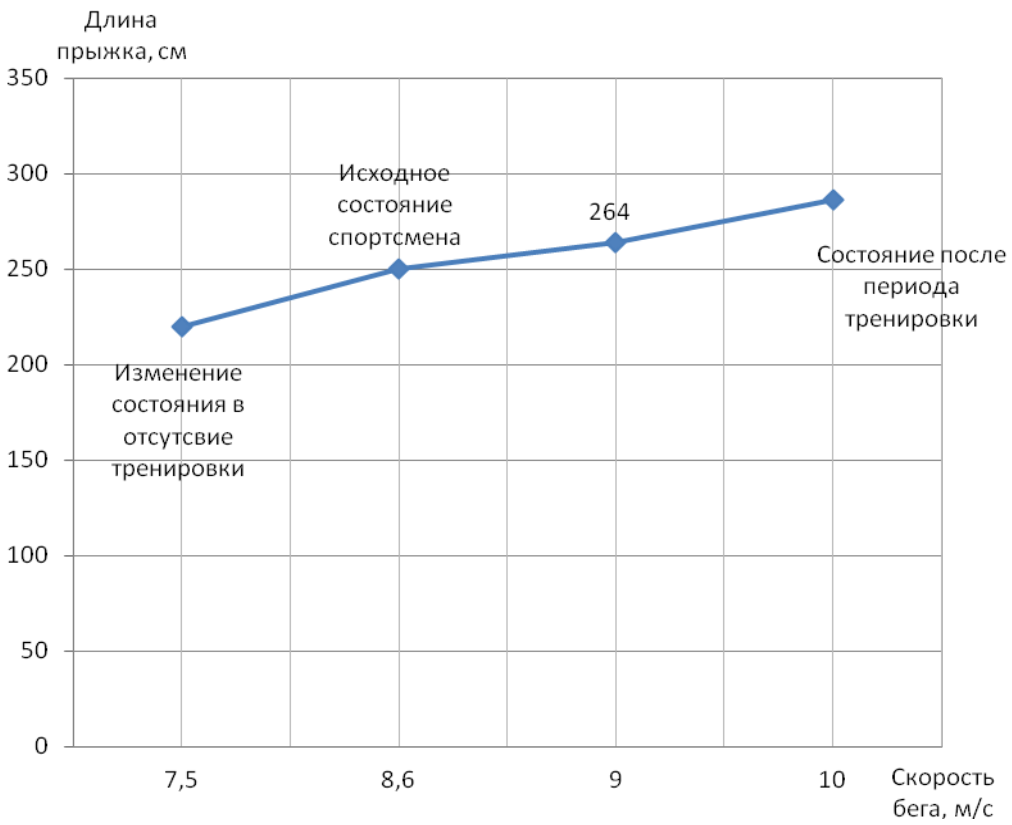

Рис. 2. Графическое изображение состояния спортсмена. Состояние характеризуется двумя показателями: максимальной скоростью бега и результатами в прыжках в длину с места

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. Эта терминология сохраняется и тогда, когда число переменных систем 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. Соответственно меняется и положение репрезентативной точки в пространстве состояний. Так, если спортсмен по какой-либо причине перестанет тренироваться, то его состояние также может измениться. Чтобы состояние системы изменилось желаемым образом, на нее надо оказать некоторое воздействие. Это воздействие и называется управлением.

Управляемая система состоит минимум из двух частей: управляемого и управляющего объектов (рис. 3).

Рис. 3. Управляемая система и ее связи

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, а обратной – связь, идущая от объекта управления к управляющему устройству или органу.

Например, прямые связи в теле человека – это сигналы, идущие от центральной нервной системы к периферическим органам (эфферентная импульсация), а обратные связи – сигналы, идущие от периферических рецепторов в центральную нервную систему (афферентная импульсация). В системе управления спортивными коллективами примером прямых связей могут быть приказы и распоряжения руководства, а примером обратных связей – сведения, поступающие к руководству о положении дел в различных подразделениях коллектива [16].

Успешное управление сложными системами возможно лишь при наличии обратных связей. Они позволяют определить состояние объекта управления, в частности сравнить 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 приседать 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. Единство законов управления в самых различных системах было впервые подмечено Норбертом Винером (1894-1964), которого считают отцом кибернетики, и послужило основанием для создания новой науки. Многие идеи, лежащие в основе кибернетики, были впервые высказаны учеными нашей страны: А.Н.Колмогоровым, П.К.Анохиным, Н.А. Бернштейном [16].

1.6. Управление в спортивной тренировке. Комплексный контроль в физическом воспитании и спорте, использование его результатов в планировании подготовки спортсменов и физкультурников

Спортивную тренировку и физическое воспитание можно рассматривать как процесс управления. Управление тренировочным процессом – система воздействий на спортсмена с целью перевода его с одного (исходного) уровня спортивной подготовленности на некоторый заданный другой уровень для достижения намеченных спортивных результатов. Управление тренировочным процессом всегда базируется на некоторых принятых человеком, осуществляющим управление (субъектом управления), специальных конкретных принципах, концепциях, методах, правилах, но корректируется («подправляется») в соответствии со складывающимися реальными условиями и самим ходом управления. Управление в спортивной тренировке осуществляется целевым подбором и дозированной реализацией воздействий на спортсменов. Эффективность управления определяется уровнем достигнутых целевых сдвигов применительно к затраченным времени, силам, материальным расходам [15].

В каждый момент времени человек находится в определенном физическом состоянии [16]. Физическое состояние определяют как минимум:

- здоровье, т.е. а) соответствие показателей жизнедеятельности норме; б) степень устойчивости организма к неблагоприятным внешним воздействиям;

- телосложение;

- состояние физиологических функций, в частности двигательной функции, а именно: а) возможности выполнять определенный круг движений (т.е. техническая подготовленность); б) уровень двигательных (физических) качеств.

В зависимости от длительности промежутка, необходимого для перехода из одного состояния в другое выделяют:

Этапные (перманентные) состояния, сохраняющиеся относительно долго – недели, месяцы, например, состояние спортивной формы.

Текущие состояния, которые изменяются под влиянием одного или нескольких занятий, например, последствие участия в соревнованиях или выполненной на одном из занятий тренировочной работы затягивается на несколько дней (спортсмены отмечают явления неблагоприятного характера – мышечные боли или позитивного – состояние повышенной работоспособности). Данное состояние спортсмена определяет характер ближайших тренировочных занятий и величину нагрузок в них.

Оперативное состояние, изменяющиеся под влиянием однократного выполнения физических упражнений. Являются крайне переходящими, например, утомление вызванное однократным пробеганием дистанции, временное повышение работоспособности после выполнения разминки. Данное состояние изменяется в хоте тренировки и должно учитываться при планировании интервалов отдыха между подходами, повторными забегами, при решении вопроса о целесообразности дополнительной разминки.

В соответствии с названными состояниями спортсменов выделяют три формы контроля:

Этапный, цель – оценить этапное состояние спортсмена;

Текущий, основная задача – определить повседневные (текущие) колебания в состоянии спортсмена;

Оперативный, цель – экспресс оценка состояния спортсмена в данный момент [15].

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 помощью специальных средств (преимущественно физических упражнений). Пример: физическое состояние

человека, впервые пришедшего в спортивную секцию, характеризуется невысокими показателями, скажем, силы или гибкости. Построив тренировочный процесс соответствующим образом, можно повысить уровень либо одного из названных качеств, либо обоих вместе, т.е. можно управлять состоянием этого человека. В спортивной тренировке цель такого управления – стойкое улучшение физического состояния, выражающееся в повышении спортивных результатов [16].

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 имеется следующая последовательность причин и следствий:

действия спортсмена (поведение) $\longrightarrow$ срочный эффект $\longrightarrow$ кумулятивный эффект.

Воздействуя на начальное звено этой цепи (поведение), мы хотим добиться желаемого результата в конечном (кумулятивном) эффекте.

Пример: желая развить у бегуна выносливость, тренер предлагает ему пробежать, скажем, 6 раз по 300 м с определенными скоростью и интервалами отдыха, т.е. он управляет поведением спортсмена. В результате выполнения этой нагрузки в организме спортсмена произойдут некоторые физиологические сдвиги – срочный тренировочный эффект. При систематических занятиях накопление их следов приведет к кумулятивному тренировочному эффекту – росту выносливости бегуна.

Как указывает В.М. Зациорский, приведенная схема весьма упрощена и ее следует уточнить[16].

Поведением спортсмена управляет не тренер, а сам спортсмен. Тренер дает ему указания, которые он может выполнить, а может и не выполнить (не хочет или не может). Допустим, спортсмен стремится выполнить все указания тренера. Тогда начальная часть схемы управления будет выглядеть так:

тренер ⟶ спортсмен ⟶ поведение.

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. Поэтому, хотя наличие причинных связей в цепочке: поведение ⟶ срочный эффект ⟶ кумулятивный эффект бесспорно, в наших силах лишь косвенно влиять на каждое из этих звеньев. При этом из-за очень больших индивидуальных и временных различий в состоянии спортсменов мы не можем быть уверены в том, что, применяя одно и то же воздействие, получим одну и ту же ответную реакцию. Одинаковая тренировочная нагрузка может вызвать разный тренировочный эффект. Поэтому актуален вопрос об обратных связях (контроле).

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

условиях. Это информация обратной связи. Без нее невозможно управление сколько-нибудь сложной системой, процессом. Ее должны получать и сам спортсмен, и его тренер, и физкультурник [15].

Если ограничиться лишь обратными связями, идущими к тренеру, можно выделить четыре различных типа связей, соответствующих четырем различным направлениям в педагогическом контроле:

1) сведения, получаемые от спортсмена (о самочувствии, отношении к происходящему, настроении и т.п.);

2) сведения о поведении спортсмена (какие тренировочные задания выполнены, как это сделано, ошибки в технике и т.п.);

3) данные о срочном тренировочном эффекте (величина и характер тренировочных сдвигов под влиянием однократной физической нагрузки);

4) сведения о кумулятивном тренировочном эффекте (изменения в подготовленности спортсменов).

Схема управления приобретает тогда следующий вид (рис. 4).

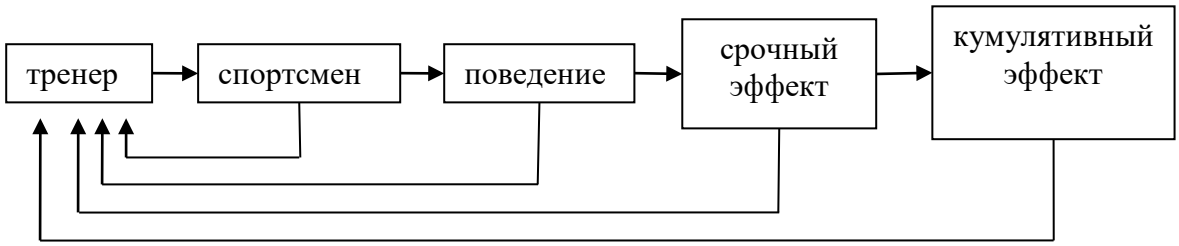

Рис. 4. Схема управления спортивной тренировкой

Следует иметь в виду, что эта схема отражает лишь принципиальную сторону вопроса. Контроль за спортивной подготовкой – активное добывание, хранение, анализ и оценивание такой информации, которая позволяет обоснованно судить об организации, материально-техническом обеспечении, медицинской, научной, воспитательной сторонах, ходе и результатах подготовки спортсмена (спортсменов).

Контроль различают: а) оперативный (за сиюминутным ходом и результатами подготовки – в рамках одного тренировочного занятия, в крайнем случае – одного дня); б) текущий (относится к микро- и мезоциклам тренировочного процесса); в) этапный – за результатами (только результатами) целого этапа подготовки (за полгода, год, 4 года – в зависимости от определения продолжительности намеченного этапа того или иного иерархического уровня).

Для того чтобы спортивная тренировка стала действительно управляемым процессом, необходимо, чтобы тренер принимал решения с учетом результатов объективных измерений. Тренировка, построенная с учетом только самочувствия спортсмена и интуиции тренера, не может дать хороших результатов в современном спорте (впрочем, не менее опасна и противоположная ошибка: неучет самочувствия спортсмена; только гармоничное сочетание объективных и субъективных показателей может обеспечить успех).

Различают виды контроля и по другому признаку – в соответствии с делением подготовки на так называемые ее стороны[15]:

а) за физической (функциональной),

б) технической,

в) тактической,

г) психологической,

д) теоретической подготовленностью и подготовкой.

Различают также контроль:

а) за нагрузками,

б) за восстановлением после физических нагрузок, болезней, травм (физическая, медицинская реабилитация),

в) за питанием,

г) за режимом дня,

д) за психологическим состоянием и его обеспечением.

Контроль бывает визуальным и инструментальным, количественным и качественным.

Как отмечал В.М. Зациорский, контроль начинается с измерения, но не исчерпывается им. Нужно еще знать, что измерять, уметь выбирать наиболее информативные (существенные) показатели. Нужно уметь математически грамотно обрабатывать результаты наблюдений. Необходимо владеть методами контроля[16].

В практической деятельности каждому тренеру приходится составлять три разновидности планов:

1) план для проведения тренировочного занятия;

2) план микроцикла (в спортивных играх – межигрового цикла);

3) план (программу) подготовки на этап, период.

Необходимость этих трех документов планирования обусловливается целью тренировки, т.е. воздействием на состояние спортсмена. В результате такого воздействия состояние изменяется.

Практический опыт и результаты научных исследований показывают, что состояние не является единым понятием. Различают три типа состояний: устойчивое (этапное, перманентное), текущее и оперативное.

1. Устойчивое (этапное) состояние можно поддерживать относительно долго: недели или даже месяцы. Комплексная характеристика этапного состояния спортсмена, отражающая его возможности к демонстрации спортивных достижений, называется подготовленностью, а состояние оптимальной (наилучшей для данного момента тренировки) подготовленности – спортивной формой. Очевидно, что в течение одного или нескольких дней нельзя достигнуть состояния спортивной формы или утратить его. Этапное состояние является следствием многих тренировочных занятий, воздействия которых постепенно суммируются. Поэтому справедливо утверждение, что в основе этапных состояний лежит кумулятивный тренировочный эффект (КТЭ).

2. Текущее состояние характеризуется повседневными колебаниями уровня подготовленности (этапного состояния) спортсменов. Нагрузка любого из занятий повышает или снижает этот уровень. Но обычно такие изменения устраняются в интервалах отдыха между занятиями. В их основе лежит отставленный тренировочный эффект (ОТЭ). Текущее состояние спортсмена определяет нагрузку тренировочных занятий в микроцикле тренировки.

Частный случай текущего состояния, характеризующийся возможностью показать в ближайшие дни в соревновательном упражнении результат, близкий к максимальному, называется текущей готовностью.

3. Оперативное состояние спортсмена возникает в момент выполнения упражнения (или сразу же после его окончания). Оно неустойчиво и быстро изменяется после отдыха между повторениями упражнения или снижения нагрузки в нем. Оперативное состояние изменяется в ходе тренировочного занятия. Этими изменениями тренер может управлять, если будет правильно планировать длительность и интенсивность упражнений, интервалы отдыха, число повторений. Готовность показать в соревновательном упражнении результат, близкий к максимальному, называется оперативной.

Содержание и организация комплексного контроля каждого состояния неодинаковы. Как отмечалось выше, различают этапный, текущий и оперативный контроль.

Цель этапного контроля – получить информацию, на основании которой можно составить планы подготовки на период, этап или какой-то другой относительно длительный срок.

Этапный контроль предполагает регистрацию достижений в соревнованиях и тестах (или только в тестах) в начале и конце очередного этапа подготовки.

Применяемые тесты (или батареи тестов) условно можно разделить на два блока: первый применяется для оценки здоровья и физической работоспособности (часто тесты общие для многих видов спорта); второй –

специфические тесты, структура которых должна соответствовать структуре соревновательного упражнения.

Анализ результатов контроля проводится на основании оценки зависимости между приростами достижений в соревновательных упражнениях и тестах, с одной стороны, и частными объемами нагрузок за этап – с другой. Для этого частные объемы специализированных и неспециализированных упражнений, также упражнений разной направленности сопоставляются с показателями кумулятивного тренировочного эффекта. В процессе сопоставления выявляются зоны нагрузок и упражнений, применение которых привело к увеличению спортивных результатов, показателей работоспособности и т.п.

При организации этапного контроля следует на всех этапах подготовки использовать одни и те же тесты (такие тесты называются сквозными). В этом случае можно получить динамику показателей и проанализировать ее. Но в некоторых случаях целесообразно дополнять эту батарею другими тестами. По их результатам проверяют решение специфических задач этапа. Например, если в ходе его проводилась концентрированная силовая подготовка, в программу контроля нужно включить специализированные силовые тесты.

Основная задача текущего контроля – сбор и анализ информации, необходимой для планирования нагрузок или их коррекции в микроциклах тренировки. Из результатов научных исследований и практического опыта известно, какой должна быть структура нагрузок микроцикла в том или ином виде спорта. Исходя из этого тренер составляет план тренировок, предполагая, что выполнение заданий приведет к нужному тренировочному эффекту. Это должен подтвердить или опровергнуть текущий контроль. Если его результаты показывают, что реальные ОТЭ соответствуют запланированным, то можно и дальше выполнять запланированную на последующие дни работу. В случае несоответствия необходима коррекция нагрузок.

Эффективность такого регулирования проявляется в приближении реальных результатов тренировки к должным. Кроме того, у тренера постепенно накапливается информация о том, к каким последствиям приводят разные схемы нормирования нагрузок в микроциклах. Он систематизирует ее и в дальнейшем более обоснованно распределяет объем и содержание нагрузок по дням микроцикла. Главным в таком подходе является выбор метрологически корректных тестов текущего контроля. Информативность их определяется на основе сопоставления ежедневной динамики результатов в тестах со следующими критериями:

- достижениями в комплексе тестов;
- показателями выполняемой тренировочной нагрузки.

Основная задача оперативного контроля – экспресс-оценка состояния, в котором находится спортсмен в момент выполнения или сразу по окончании упражнения (серии упражнений, занятия). В содержание этой разновидности контроля входит также срочная оценка техники упражнений и тактики.

Оперативный контроль является наиболее важным, так как по его результатам судят о соответствии реального срочного тренировочного эффекта (СТЭ) запланированному.

Анализ показывает, что в оперативном контроле и планировании можно условно выделить три этапа. На первом основное внимание уделяется тому, что должен выполнить спортсмен на тренировочном занятии. Поэтому в планах-конспектах подробно записываются упражнения, способы их выполнения, дозировка и т.п. Должный тренировочный эффект работы не указывается, но лучшие наши тренеры, конечно, предполагают, что если спортсмен полностью выполнит задание, то это приведет к необходимому достижению.

Второй этап характерен тем, что наряду с описанием методики выполнения упражнений в конспектах появляются указания о должных нормах тренировочных эффектов. Например, спортсмен должен не просто пробежать 6 раз по 400 м, но сделать эта так, чтобы частота сердечных

сокращений во время бега не опускалась ниже 180 уд/мин, а следующее повторение начинать при уменьшении ее значений до 120 уд/мин.

Ускорение научно-технического прогресса в спорте сказалось, прежде всего, на повышении эффективности оперативного контроля и планирования нагрузок. Тренировочный процесс все более становится процессом управления срочными тренировочными эффектами. Этим и отличается третий этап развития методики оперативного контроля и планирования. Вначале планируются должные тренировочные эффекты, а затем подбираются тренировочные средства и методы, которые позволяют достичь их. В связи с этим к тестам и методике оперативного контроля, которые должны подтверждать достижения запланированных СТЭ, предъявляются очень жесткие требования. Если условия позволяют, то контроль осуществляется непосредственно по ходу выполнения упражнения. Если нет – то сразу же по его окончании.

Информативность тестов оперативного контроля определяется тем, насколько они чувствительны к выполняемой нагрузке. Этому требованию в наибольшей степени удовлетворяют биомеханические, физиологические и биохимические показатели. Величина информативности тестов оперативного контроля определяется значением коэффициента корреляции, рассчитанного между изменениями критерия и изменениями в тесте.

Надежность тестов оперативного контроля зависит, прежде всего:

- от точности воспроизведения величины нагрузки в повторных попытках;

- от неизменности подготовленности спортсменов на разных этапах тестирования.

На важность метрологических основ комплексного контроля в физическом воспитании и спорте указывал и М.А. Годик [6].

Обоснованность содержания программ и планов учебно-тренировочной работы в значительной степени зависит от полноты и достоверности информации, использованной при их подготовке. Эту информацию собирают

в процессе комплексного контроля специалисты разного профиля (педагоги, психологи, врачи, биомеханики, биохимики и др.).

Цель комплексного контроля – всесторонняя проверка уровня подготовленности спортсмена (физкультурника), проводимая во время этапных или углубленных комплексных обследований, регистрация показателей физического и психического состояния, уровня технико-тактического мастерства, особенностей соревновательной деятельности.

Число измеряемых показателей может быть весьма значительным (сто и более). С одной стороны, такую ситуацию можно считать благоприятной: наличие большого числа тестов повышает объем, достоверность и надежность информации о спортсмене. С другой стороны, это связано с длительным и трудоемким тестированием и со значительными сложностями при анализе полученных результатов. В спортивной практике, когда обследуются десятки спортсменов, эти трудности преодолимы, но при обследовании большого числа разнохарактерных тестов становится непреодолимым препятствием. В связи с этим программа комплексного контроля должна создаваться с учетом: 1) необходимости всесторонней оценки подготовленности человека и 2) наличия такого минимума тестов, который позволил бы получить достаточную информацию.

Выбор показателей комплексного контроля зависит от цели тестирования; она же определяет критерии, 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 ограничения на число и содержание показателей, которые должны характеризовать подготовленность спортсменов.

Создание программы комплексного контроля для спортивной практики 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, телосложения, степени развития волевых и двигательных качеств, технико-тактического мастерства (табл. 1).

Таблица 1 – 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, обхваты 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.

Таким образом, спортивная метрология создает основу для единого подхода к контролю в процессе обучения школьников, подготовки спортсменов.

Комплексным можно назвать контроль, в ходе которого регистрируются различные показатели соревновательной, тренировочной деятельности, а также состояние спортсмена, учащихся в процессе физического воспитания в школе.

Только в этом случае, возможно, сопоставить их значения, установить причинно-следственные связи между нагрузками и результатами в соревнованиях и тестах.

После сопоставления и анализа приступают к разработке программ и планов подготовки.

В физическом воспитании школьников комплексный контроль может использоваться в таком виде:

- предварительный – состояние школьников в начале учебного года;
- текущий – состояние в течение урока (оценки на уроке);
- этапный – изменения, произошедшие за четверть, полугодие;
- итоговый контроль – оценка физкультурного образования, физической подготовленности, функционального состояния и его сравнение с предварительным, выведение комплексной (интегральной) оценки.

Во всех случаях контроля для суждения о состоянии спортсмена или школьника используют какие-либо измерения, испытания или тесты. Построение и выбор их должны удовлетворять определенным требованиям, которые рассматриваются в теории тестов. После того как тестирование проведено, его результаты необходимо оценить. Анализ различных способов оценки дается в теории оценок.

Вопросы для самоконтроля

Что такое метрология, каковы исторические аспекты ее возникновения и развития?

Роль метрологии в современном мире, ее составляющие?

Что такое спортивная метрология и в чем ее специфика?

Каковы предмет, цель и задачи спортивной метрологии?

Какие параметры измеряются в спортивной практике?

Какие разделы включает в себя спортивная метрология?

Что называют физической величиной?

Чем отличаются основные и производные величины?

Что называется единицей физической величины, а что ее значением?

Как создавалась метрическая система мер?

Что называется системой единиц физических величин?

Какие системы единиц физических величин вы знаете?

Что называется управлением?

Что понимается под системой?

Чем определяется состояние системы в данный момент времени?

Чем определяется эффективность управления тренировочным процессом?

Что называется срочным тренировочным эффектом?

В чем заключается специфика управления в спортивной тренировке?

Что такое обратная связь?

Какие различают виды контроля в спортивной подготовке?

Какой тренировочный эффект лежит в основе этапных состояний?

Какое состояние спортсмена называют оперативным?

Что называют комплексным контролем?

Какие этапы включает в себя создание программы комплексного контроля для спортивной практики?

Что входит в батарею тестов комплексного контроля подготовленности спортсменов?

ГЛАВА 2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Определение измерения. Виды измерений

Сравнение неизвестного размера с известным и выражение первого через второй в кратном или дольном отношении человеку приходится делать в жизни бесчисленное количество раз. Сравнивая в уме высоту людей с представлением о единице длины в Международной системе, мы измеряем их рост на глаз с точностью до нескольких сантиметров. Наверное, многим из нас нетрудно определить, с какой примерно скоростью движется автомобиль. Результаты таких измерений в значительной мере зависят от квалификации тех, кто их выполняет.

Измерением называют совокупность операций, выполняемых с помощью технических средств, хранящих единицу величины и позволяющих сопоставить с нею измеряемую величину [15].

Широкое распространение получило определение: «Измерение – познавательный процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной величины с известной величиной, принятой за единицу сравнения».

В стандарте дано определение более лаконичное, но содержащее ту же мысль: «Измерение – нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств».

Годик М.А. (1988) измерением какой-либо физической величины называет операцию, в результате которой определяется, во сколько раз эта величина больше (или меньше) другой величины, принятой за эталон [6].

Например, за эталон длины принят метр, проводя измерения в соревнованиях или тестировании, мы узнаем, сколько метров содержится в результате, показанном спортсменом, в прыжке в длину, в толкании ядра. Так же можно измерить время движения, мощность, развиваемую при их выполнении и др.

Эталон – это высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений, выполненная по особой спецификации и официально утвержденная в установленном порядке в качестве эталона [15].

От эталона единица величины передается разрядным эталонам, от них – рабочим средствам измерений.

Первичный – это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений.

Он может быть национальным (государственным) и международным.

Эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы в особых условиях и заменяющий в этих условиях первичный эталон, называется специальным.

Официально утвержденные в качестве исходных для страны первичный или специальный эталоны называются государственными.

В России национальные (государственные) эталоны утверждает Госстандарт РФ.

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов (МБМВ). Его задача – систематические международные сличения национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами.

Сличению подлежат эталоны основных величин системы СИ (Международной системы единиц), как основных, так и производных. Установлены определенные периоды сличения. Эталоны метра и килограмма сличают каждые 25 лет, электрические и световые эталоны – один раз в 3 года.

Первичному эталону соподчинены вторичные и рабочие (разрядные) эталоны. Размер единицы, воспроизводимой вторичным эталоном, сличается с государственным эталоном.

Вторичные эталоны (эталоны-копии) могут утверждаться Госстандартом РФ, либо государственными научными метрологическими центрами, что связано с особенностями их использования.

Рабочие эталоны воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и служат для передачи размера менее точному рабочему эталону и рабочим средствам измерений.

Самыми первыми официально утвержденными эталонами были прототипы метра и килограмма, изготовленные во Франции.В 1799 г. они были переданы на хранение в Национальный архив Франции, поэтому их стали называть «метр Архива» и «килограмм Архива» [15].

В спортивной практике приходится выполнять самые разнообразные измерения. Очень часто нужно оценить выразительность исполнения упражнений в синхронном плавании, художественной гимнастике, фигурном катании на коньках, сложность движений прыгунов в воду, утомление марафонцев, тактическое мастерство футболистов или фехтовальщиков. Здесь указанных эталонов нет, но именно эти измерения во многих видах спорта наиболее информативны. В этом случае воспользуемся определением Зациорского В.М. (1982), который под измерением (в широком смысле слова) понимает установление соответствия между изучаемыми явлениями, с одной стороны, и числами, с другой [16].

Все специалисты, оценивающие какие-либо показатели, например, выносливость бегунов-стайеров, пловцов или эффективность техники боксеров, должны это делать одинаково. Для этого существуют стандарты на измерения.

Стандарт – это нормативно-технический документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации (в нашем случае к спортивным измерениям) и утвержденный компетентным органом [6].

Использование стандарта повышает точность, экономичность, единство измерений. Для усиления роли стандартизации в нашей стране

действует Государственная система стандартизации (ГСС), 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 обеспечением единства и правильности любых измерений в стране.

Руководство стандартизацией в физическом воспитании и спорте осуществляется лабораторией метрологии Всероссийского научно-исследовательского института физической культуры (ВНИИФКа). Они устанавливают отраслевые стандарты, обязательные для всех работников физической культуры и спорта [6].

Применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и точности измерений в физическом воспитании и спорте является метрологическим обеспечением. Научной основой этого обеспечения является метрология, организационной – метрологическая служба госкомспорта. Техническая основа включает в себя:

- систему государственных эталонов;
- систему разработки и выпуска средств измерений;
- метрологическую аттестацию и проверку средств и методов измерений;
- систему стандартных данных о показателях, подлежащих контролю в процессе подготовки спортсменов.

Метрологическое обеспечение направлено на то, чтобы обеспечить единство и точность измерений [6].

Различают несколько видов измерений: органолептические, инструментальные, прямые, косвенные, совокупные, совместные, статистические, динамические, статические.

Органолептическими называются измерения, основанные на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и

вкуса) [15]. Природа в разной степени наделила людей способностями к органолептическим измерениям по шкале отношений. Частоту звуковых колебаний, например, могут определить лишь те немногие, кто обладает абсолютным слухом. Большинство же воспринимает разность звуковых частот в тонах и полутонах, т.е. способно к измерению частоты звука только по шкале интервалов. Измерения по шкале интервалов, будучи менее совершенными, чем по шкале отношений, могут выполняться и без участия органов чувств. Измерение времени, например, или гравитации (космонавтами) основывается на ощущениях. Еще менее совершенные измерения по шкале порядка строятся на впечатлениях. К ним относятся конкурсы мастеров искусств (скульпторов, художников, поэтов, композиторов), соревнования спортсменов по фигурному катанию на коньках и т.п.

Эвристическими называются измерения, основанные на интуиции [15]. При всех таких измерениях кроме ранжирования (расстановки измеряемых величин в порядке убывания или возрастания их размеров) широко применяется способ попарного сопоставления, когда измеряемые величины сначала сравниваются между собой попарно и для каждой пары результат сравнения выражается в форме «больше – меньше» или «лучше – хуже». Затем ранжирование производится на основании результатов попарного сопоставления.

Иногда попарное сопоставление проводят более тщательно, учитывая равноценность.

Особое место в измерениях по шкале порядка занимает сравнение с размером, равным нулю. Такое измерение называется обнаружением, а результатом измерения является решение о том, отлично от нуля значение измеряемой величины или нет.

Человек – высокосовершенное «средство измерения». Однако вполне объективными могут считаться только измерения, выполняемые без участия человека.

Инструментальными называются измерения, выполняемые с помощью специальных технических средств [15]. Среди них могут быть автоматизированные и автоматические. При автоматизированныхизмерениях роль человека полностью не исключена. Он может, например, проводить съем данных с отсчетного устройства измерительного прибора (шкалы со стрелкой или цифрового табло), вести их регистрацию в журнале, обрабатывать в уме или с помощью вычислительных средств. На качество этих операций влияет настроение человека, степень его сосредоточенности, серьезности, мера ответственности за порученное дело, уровень профессиональной подготовки, т.е. элемент субъективизма при автоматизированных измерениях остается. Автоматические измерения выполняются без участия человека. Результат их представляется в форме документа и является совершенно объективным.

По способу получения числового значения измеряемой величины все измерения делят на четыре основных вида: прямые, косвенные, совокупные и совместные [15].

Прямые измерения – это измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственным сравнением физической величины с ее мерой. Например, при определении длины предмета линейкой происходит сравнение искомой величины (количественного выражения значения длины) с мерой, т.е. линейкой. К прямым измерениям можно отнести и измерение температуры термометром, электрического напряжения – вольтметром и т.д. Прямые измерения – основа более сложных видов измерений.

Косвенные измерения отличаются от прямых тем, что искомое значение величины устанавливают по результатам прямых измерений таких величин, которые связаны с искомой определенной зависимостью. Так, используя известную функциональную взаимосвязь, можно рассчитать электрическое сопротивление по результатам измерений падения напряжения и силы тока. Значения некоторых величин легче и проще находить путем косвенных измерений, так как прямые измерения иногда

практически невозможно осуществить. Например, плотность твердого тела обычно определяют по результатам измерений объема и массы.

Совокупными измерениями называют такие, в которых значения измеряемых величин находят по данным повторных измерений одной или нескольких одноименных величин при различных сочетаниях мер или этих величин. Результаты совокупных измерений находят путем решения системы уравнений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений.

Совместные измерения– это одновременные измерения (прямые или косвенные) двух или более неоднородных физических величин для определения функциональной зависимости между ними. Например, определение зависимости длины тела от температуры.

По характеру изменения измеряемой величины в процессе измерений различают статистические, динамические и статические измерения [15].

Статистические измерения связаны с определением характеристик случайных процессов, звуковых сигналов, уровня шумов и т.д.

Динамические измерения связаны с такими величинами, которые в процессе измерений претерпевают те или иные изменения. Например, усилия, развиваемые спортсменом в опорный период при прыжках в длину с разбега.

Статические измерения имеют место тогда, когда измеряемая величина практически постоянна (длина прыжка в длину, дальность полета снаряда, вес ядра и т.д.).

По количеству измерительной информации измерения бывают однократные и многократные.

Однократные измерения – это одно измерение одной величины, т.е. число измерений равно числу измеряемых величин. Так как однократные измерения всегда сопряжены с погрешностями, следует проводить не менее трех однократных измерений и конечный результат находить как среднее арифметическое значение.

Многократные измерения характеризуются превышением числа измерений количества измеряемых величин. Обычно минимальное число измерений в данном случае больше трех. Преимущество многократных измерений – в значительном снижении влияний случайных факторов на погрешность измерения.

По отношению к основным единицам измерения делят наабсолютные и относительные [15]. Абсолютными измерениями называют такие, при которых используются прямое измерение одной (иногда нескольких) основной величины и физическая константа. Так, в известной формуле Эйнштейна $E=mc$ масса (m) – основная физическая величина, которая может быть измерена прямым путем (взвешиванием), а скорость света (c) – физическая константа.

Относительные измерения базируются на установлении отношения измеряемой величины к однородной, применяемой в качестве единицы. В таком случае, искомое значение зависит от используемой единицы измерения.

2.2. Средства измерений

Средствами измерений называют технические устройства для измерения единиц физических величин, имеющие нормированные погрешности.

К средствам измерений относятся: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки и системы, измерительные принадлежности [15, 1].

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 в миллиметрах. Наборы и магазины представляют собой объединение (сочетание) однозначных или многозначных мер для получения возможности воспроизведения некоторых промежуточных или суммарных значений величины. Набор мер представляет собой комплект однородных мер разного размера, что дает возможность применять их в нужных сочетаниях. Например, набор лабораторных гирь. Магазин мер – сочетания 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. К однозначным мерам относят стандартные образцы и стандартные вещества. Стандартный образец – это должным образом оформленная проба вещества (материала), которая подвергается метрологической аттестации с целью установления количественного значения определенной характеристики. Эта характеристика (или свойство) является величиной с известным значением при установленных условиях внешней среды. К подобным образцам относятся, например, наборы минералов с конкретными значениями твердости (шкала Мооса) для определения этого параметра у различных минералов. Стандартным образцом является образец чистого цинка, который служит для воспроизведения температуры 419,527°С по международной температурной шкале МТШ-90 [1].

При пользовании мерами следует учитывать номинальное и действительное значения мер, а также погрешность меры и ее разряд. 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. Поскольку при аттестации (поверке) также могут быть погрешности, меры подразделяют на разряды (1-го, 2-го и т. д. разрядов) и называют разрядными эталонами (образцовые измерительные средства), которые используют для поверки измерительных средств. Величина погрешности меры служит основой для разделения мер на классы, что обычно применимо к мерам, употребляемым для технических измерений.

Измерительные преобразователи – это средства измерений, которые служат 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, но сигнал преобразователя не поддается непосредственному восприятию наблюдателем. Например, преобразователь может быть необходим для передачи информации в память компьютера, для усиления напряжения и т. д. Преобразуемую величину называют входной, а результат преобразования – выходной величиной. Основной метрологической характеристикой измерительных преобразователей считается соотношение между входной и выходной величинами, называемое функцией преобразования.

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 [1].

По данным Ю.И. Смирнова, М.М. Полевщикова (2000) в качестве первичных преобразователей в физической культуре и спорте наиболее популярны: фотодиоды, реостатные датчики, тензорезисторы, акселерометры [15].

Фотодиоды используются в устройствах, с помощью которых измеряют время движений. Входная величина фотодиодов – освещенность, выходная – постоянный ток. Они чувствительны в диапазоне от 0 до 500 Гц и имеют погрешность в 1-3 %. Эту погрешность можно уменьшить точностью установки фотопреобразователей на дистанции, степенью фокусировки и временем переключения.

Реостатные датчики наиболее часто используются в устройствах, с помощью которых измеряют амплитуду движений в различных суставах. Входная величина реостатного датчика – линейное и угловое перемещение, выходная – изменение сопротивления. У этих датчиков высокая чувствительность и сравнительно небольшие погрешности.

Тензорезисторы являются чувствительным элементом измерительной системы, с помощью которой оцениваются динамические показатели движений. Входная величина тензорезисторов – перемещение, выходная – изменение сопротивления. Достоинством их являются невысокая стоимость, устойчивость к вибрациям и малая погрешность измерений.

Акселерометры предназначены для измерения ускорений. В основе работы акселерометров лежит измерение силы инерции, возникающей при движении. Сила инерции вызывает отклонение массы акселерометра, которое прямо пропорционально ускорению. Это отклонение измеряется тензорезистором или пьезоэлектрическим датчиком. С помощью индикаторов устанавливается наличие измеряемой величины и регистрируется изменение ее размера. В этом отношении индикаторы играют ту же роль, что и органы чувств человека, но значительно расширяют их возможности. Человек, например, слышит в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц, в то время как техническими средствами обнаруживаются звуковые колебания в диапазоне от инфранизких (доли герца) до ультравысоких (десятки и сотни килогерц) частот. Важной технической характеристикой индикаторов служит порог обнаружения (другое название порог чувствительности). Чем меньше порог обнаружения, тем более слабое проявление свойства регистрируется

индикатором. Современные индикаторы обладают очень низкими порогами обнаружения, лежащими на уровне фоновых помех и собственных шумов аппаратуры.

Измерительные приборы – это средства измерений, которые позволяют получать измерительную информацию в форме, удобной для восприятия пользователем. Различаются измерительные приборы прямого действия и приборы сравнения [1]. 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 [1]. Обычно такие системы автоматизированы и обеспечивают ввод информации в систему, автоматизацию самого процесса измерения, обработку и отображение результатов измерений для восприятия их пользователем.

Система измерительной аппаратуры в спорте включает в себя следующие средства: датчики информации, линию связи и регистрирующее устройство, а иногда вычислительное устройство для автоматической обработки информации. Практически все элементы измерительной системы (рис. 5) определяют качество регистрации изучаемых параметров.

Объектом измерения может быть любая переменная, изменяющая и характеризующая состояние изучаемой функциональной системы.

Под датчиком понимают элемент измерительной системы, который непосредственно воспринимает изменения измеряемого показателя, т. е. приемник информации. В зависимости от характера воспринимаемых сигналов существует условное деление на датчики биологических процессов и датчики биомеханических характеристик.

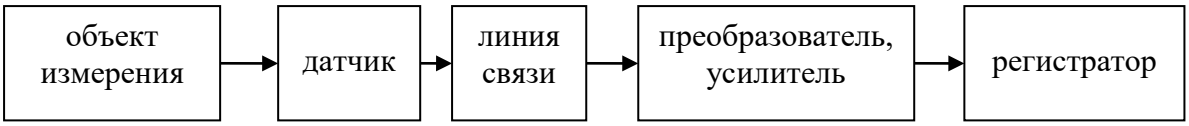

Рис. 5. Схема измерительной системы

Датчики биологических процессов позволяют регистрировать большое множество физиологических явлений. Например, датчики (электроды), воспринимающие биоэлектрические потенциалы клетки, кардиомиоцитов, миоцитов скелетной мышцы, нейронов головного мозга, применяются при регистрации потенциалов действия (ПД), электрокардиограммы (ЭКГ), электромиограммы (ЭМГ), электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и др. Датчики, воспринимающие изменения сопротивления тканей и гемоциркуляторного русла, позволяют регистрировать электрокожный импеданс (ЭКИ) и реоплезмограмму (РПГ) разных органов, давая возможность оценивать сдвиги регионарного артериального, венозного кровотока и состояния сосудов. Датчики, чувствительные к изменениям физико-химической среды, позволяют регистрировать изменения напряжения газов крови, процентное содержание кислорода и углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе и пр. Датчики с принципиально разными свойствами (термисторы, термопары), но обладающие способностями реагировать на изменения температуры среды, используются при регистрации температуры кожи, «ядра» тела, мышц и других органов.

Датчики биомеханических характеристик используются в измерительных системах (тензометрические, стабилографические, гониометрические и т.п.), где изменения механических характеристик преобразуются в электрический сигнал, что дает возможность измерять динамические (сила, момент силы) и кинематические (положение, скорость, ускорение) показатели движения.

Под линией связи понимают датчики для передачи поступающей информации на регистрирующее или вычислительное устройство. Известно много разновидностей телеметрических систем, которые отличаются друг от друга, прежде всего физической природой переносчика информации. Например, передача результатов измерения в области физической культуры и спорта может осуществляться следующими способами:

- с помощью проводной телеметрии (связи между спортсменом и исследовательской аппаратурой выполняет поток электронов);
- путем радиотелеметрии (беспроводной связи, с помощью радиоволн);
- гидротелеметрии (ультразвуковые колебания, распространяющиеся в воде);
- фототелеметрии (связи выполняет поток света).

Основное достоинство проводной телеметрии заключается в ее простоте и высокой помехоустойчивости; недостаток – ограничение подвижности спортсмена при проведении измерений, чаще используется при лабораторных исследованиях [15].

Радио-, гидро- и фототелеметрия также имеют свои достоинства и недостатки. Например, радиотелеметрия позволяет осуществлять контроль за спортивной техникой в реальных динамических условиях учебно-тренировочного процесса и иногда в условиях соревнований. На спортсмене крепятся датчики, усилители и преобразователи информации, радиопередатчик и антенна. Все это выполняется в очень компактном варианте, и спортсмен получает возможность свободно перемещаться по спортивной площадке и выполнять те или иные упражнения. Посылаемые

передающим устройством сигналы принимаются блоком, состоящим из антенны и приемника. Здесь происходит отображение, хранение и автоматическая обработка результатов измерений. В нашей стране нет серийного производства радиотелеметрических систем. Большинство таких устройств и систем создается на радиолюбительском уровне отдельными организациями, научными сотрудниками в единичных экземплярах [15].

Усилители и преобразователи сигналов входят в состав практически всех электронных измерительных систем. Типы и характеристики этих устройств определяются физической природой воспринимаемых сигналов, их временными, амплитудными и частотными составляющими. При выборе усилителя необходимо руководствоваться следующими критериями: чувствительность, помехоустойчивость, величина собственного шума, полоса пропускаемых частот, линейность, быстродействие, количество каналов, что в совокупности должно удовлетворять потребности обрабатываемого сигнала или сигналов. Желательно, чтобы каждое такое устройство было совместимо не только с индикатором или регистратором, но и с компьютером, что позволяет дискретно регистрировать, а затем обрабатывать измеряемый сигнал.

Индикация может осуществляться зрительно (по стрелочному, цифровому, осциллографическому индикатору) или на слух (когда результат измерения преобразуется в звук определённой громкости и тона).

Регистрация чаще всего осуществляется аналоговым способом, для этого используют самописцы с перьевой, струйной, тепловой записью или точечной регистрацией. Особыми разрешающими способностями обладают самописцы с фотозаписью и цифровой регистрацией на компьютере. Выбор того или иного метода регистрации определяется задачами исследования и требуемой точностью измерения временных, амплитудно-частотных составляющих и т. п.

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. Следует учитывать, что измерительные принадлежности вносят определенные погрешности в результат измерений, связанные с погрешностью самого вспомогательного средства [1].

По метрологическому назначению выделяют рабочие средства измерений, которые применяют для определения параметров (характеристик) технических устройств,технологических процессов, окружающей среды, параметров тренировочной деятельности спортсменов и др.[1, 15]. Рабочие средства могут быть лабораторными (для научных исследований), производственными (для обеспечения и контроля заданных характеристик технологических процессов), полевыми (для самолетов, автомобилей, судов и в том числе для контроля в спортивной практике). Каждый из этих видов рабочих средств отличается особыми показателями. Так, лабораторные средства измерений – самые точные и чувствительные, а их показания характеризуются высокой стабильностью. Производственные – обладают устойчивостью к воздействиям различных факторов производственного процесса: температуры, влажности, вибрации и т. п., что может сказаться на достоверности и точности показаний приборов. Полевые – работают в условиях, постоянно изменяющихся в широких пределах внешних воздействий.

2.3. Шкалы измерений. Факторы, влияющие на качество измерений

В спортивной метрологии, как и в метрологической практике, основой для измерения физической величины служит шкала – упорядоченная совокупность значений физической величины, элемент счетной системы,

посредством которого происходит отнесение исследуемого объекта к определенной группе объектов.

Понятие «шкала» употребляется в двух значениях [11]. Во-первых, на шкале фиксируются показания отсчетного устройства прибора. В этом смысле шкала содержит набор определенных условных знаков. Указатель прибора, останавливаясь на каком-либо знаке, фиксирует изменение тех или иных измеряемых параметров. Во-вторых, шкала представляет собой определенную систему, осуществляющую классификацию объектов. В этом смысле может быть множество шкал в зависимости от количества упорядывающих систем.

Количественной характеристикой измеряемой величины служит ее размер[15]. Получение информации о размере физической или нефизической величины является содержанием любого измерения. Простейший способ получения такой информации, позволяющий составить некоторое представление о размере измеряемой величины, состоит в сравнении его с другим по принципу «что больше (меньше)?» или «что лучше (хуже)?» Более подробной информации о том, на сколько больше (меньше) или во сколько раз лучше (хуже), иногда даже не требуется. Подобным образом решаются многие задачи выбора: кто сильнее? что нагляднее? как проще? и т.п.

Шкалы измерений разнообразны. Основные характеристики и примеры шкал измерений представлены в таблице 2. Рассмотрим четыре основные шкалы измерений: одну качественную и три количественных. То, в какой шкале произведены измерения, предопределяет выбор типа математико-статистических процедур, которые можно корректно использовать [9].

Первяшкала наименованийявляется самой простой из всех шкал. Собственно измерений, отвечающих определению этого действия, в данной шкале не производится. В этой шкале нет отношений типа «больше – меньше». Здесь речь идет о группировке объектов, идентичных по определенному признаку, и о присвоении им обозначений в виде цифр, которые служат для обнаружения и различения изучаемых объектов

Таблица 2 – Характеристики и примеры шкал измерений (по Дж. Глассу, Дж. Стэнли, 1976, переработано М.А. Годик)

Шкала	Характеристики,основные операции	Математические методы	Примеры
Наименований	Установление равенства. Объекты сгруппированы, а группы обозначены номерами. То, что номер одной группы больше или меньше другой, ещё ничего не говорит об их свойствах, за исключением того, что они различаются	Число случаев. Мода. Корреляция случайных событий (тетра- и полихорические коэффициенты корреляции)	Нумерация спортсменов в команде. Результаты жеребьевки.
Порядка	Установление соотношений «больше» или «меньше». Числа, присвоенные объектам, отражают количество свойства, принадлежащего им. Возможно установление соотношения «больше» или «меньше».	Медиана. Ранговая корреляция. Ранговые критерии. Проверка гипотез непараметрической статистикой	Место, занятое на соревнованиях Результаты ранжирования спортсменов группой экспертов
Интервалов	Установление равенства интервалов. Есть единица измерений, при помощи которой объекты можно упорядочить, приписать им числа так, чтобы равные разности отражали разные различия в количестве измеряемого свойства.	Все методы статистики кроме определения отношений. Среднее. Среднее квадратическое (стандартное) отклонение. Корреляция	Календарные даты (время). Суставной угол. Температура тела.
Отношений	На шкале существует абсолютный нуль, который указывает на полное отсутствие данного свойства у объекта. Установление равенства отношений. Отношение чисел, присвоенных объектам после измерений, отражают количественные отношения измеряемого свойства.	Все методы статистики. Коэффициент вариации. Среднее геометрическое	Длина и масса тела, сила движений, скорость, ускорение и т.п.

(например, легкоатлеты-прыгуны в длину в этой шкале могут обозначаться номером 1, прыгуны в высоту – 2, прыгуны тройным – 3, прыгуны с шестом – 4). В медико-биологических исследованиях часто кодируют «пол», обозначая индивидов женского рода нулем, а мужского – единицей. При использовании шкалы наименований могут проводиться только некоторые

математические операции. Например, можно подсчитывать, сколько раз (как часто) встречается то или иное число. Другое название этой шкалы – номинальная шкала (от латинского слова «номе» – имя). Смысл присвоения конкретным объектам чисел заключается в том, что результаты измерений нужно обрабатывать. Математическая статистика, аппарат, который используется для этого, имеет дело с числами, и группировать объекты лучше не по словесным характеристикам, а по числам. Допустимые математические процедуры в данной шкале связаны с определением числа случаев, моды, корреляции случайных событий (тетра- и полихорические коэффициенты корреляции). Шкала наименований незаменима, например, при подсчете частоты технических действий каждым спортсменом за период соревнования (тайма, матча).

Вторая шкала порядка образована расположенными в порядке возрастания или убывания размерами измеряемых величин. Если какие-то объекты обладают определенным качеством, то порядковые измерения позволяют ответить на вопрос о различиях в этом качестве. Например, соревнования в беге на 100м – это определение уровня развития скоростно-силовых качеств. У спортсмена, выигравшего забег, уровень этих качеств в данный момент времени выше, чем у пришедшего вторым. У второго, выше, чем у третьего и т.д. Но чаще всего шкала порядка используется там, где невозможны качественные измерения в принятой системе единиц [6]. Например, на многих конкурсах и соревнованиях мастерство исполнителей и спортсменов (или целых команд) определяется их местом, занятым в итоговой таблице. Эта таблица является шкалой порядка – формой представления измерительной информации, отражающей тот факт, что мастерство одних выше мастерства других, хотя и неизвестно, в какой степени (на сколько, или во сколько раз). Построив людей по росту, можно, пользуясь шкалой порядка, сделать вывод о том, кто выше кого, однако сказать, на сколько выше, или во сколько раз – нельзя. Расстановка размеров

в порядке их возрастания или убывания с целью получения измерительной информации по шкале порядка называется ранжированием [15].

Для облегчения измерений по шкале порядка некоторые точки на ней можно зафиксировать в качестве опорных (реперных). Знания, например, измеряют по реперной шкале порядка, имеющей следующий вид: неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично. Точками реперной шкалы могут быть цифры, называемые баллами. Например, интенсивность землетрясений измеряется по двенадцатибальной международной сейсмической шкале MSK-64, сила ветра – по шкале Бофорта.

Особенно широкое распространение реперные шкалы получили в гуманитарных науках, спорте, искусстве и других областях, где измерения еще не достигли высокого совершенства. В спорте шкала порядка чаще всего используется в художественной гимнастике, фигурном катании, единоборствах и т.п. Так, в художественной гимнастике артистизм спортсменок устанавливается в виде рангов: ранг победителя – 1, второе место – 2 и т.д. Места, занимаемые в шкале порядка, называются рангами, отсюда сама шкала называется ранговой или неметрической [16]. При использовании этой шкалы можно складывать и вычитать ранги или производить над ними какие-либо другие математические действия (расчет ранговой корреляции, рангового критерия, проверка гипотез непараметрической статистикой, определение медианы). Однако необходимо помнить, что если между второй и четвертой спортсменками два ранга, то это вовсе не означает, что вторая артистичнее четвертой [6].

Недостаток реперных шкал – неопределенность интервалов между реперными точками, их неравномерность.

Третья шкала интервалов (разностей, интервальная). Измерения в этой шкале не только упорядочены по рангу, но и разделены строго определенными интервалами [16]. В интервальной шкале установлены единицы измерения. Измеряемому объекту здесь присваивается число, равное количеству единиц измерения, которые он содержит. Обработка

результатов измерений в интервальной шкале позволяет определить «насколько больше» один объект по сравнению с другим. Например, температура тела спортсмена «А» во время выполнения упражнения оказалась равной 39,0° С, спортсмена «Б» – 39,5° С, что на 0,5° С больше температуры тела спортсмена «А». Общепринято, например, измерение времени по шкале, разбитой на интервалы, равные периоду обращения Земли вокруг Солнца (летоисчисление). Эти интервалы (годы) делятся на более мелкие (сутки), равные периоду обращения Земли вокруг своей оси. Сутки, в свою очередь, делятся на часы, часы – на минуты, минуты – на секунды. По шкале интервалов можно уже судить не только о том, что один размер больше другого, но и о том, на сколько больше, т.е. на шкале интервалов определены такие математические действия, как сложение и вычитание. Данные шкалы интервалов дают ответ на вопрос «на сколько 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°С, то нельзя сказать, что стало в два раза теплее. Это объясняется тем, что на шкале интервалов известен масштаб, а начало отсчета может быть выбрано произвольно. Таким образом, при использовании этой шкалы допустимы все математико-статистические методы (расчет среднего, средне квадратического (стандартного) отклонения, корреляции), исключение составляет определение отношений.

Четвертая шкала отношений. Эта шкала отличается от шкалы интервалов только тем, что в ней строго определено положение нулевой точки. Благодаря этому шкала отношений не накладывает никаких ограничений на математический аппарат, используемый для обработки результатов наблюдений [16].

Шкала отношений является наиболее совершенной из всех рассматриваемых шкал. Но, к сожалению, построение шкалы отношений возможно не всегда. Время, например, может измеряться только по шкале

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

Универсальность шкалы отношений заключается в возможности измерения разности чисел, отсчитанных по шкале интервалов. Измеряя какую-либо величину, можно определить ее отношение к соответствующей единице измерения. Например, 0,001 км; 1 м; 100 см; 1000 мм – четыре варианта представления одного и того же размера. Их называют значениями измеряемой величины. Таким образом, значение измеряемой величины – это выражение ее размера в определенных единицах измерения. Входящее в него отвлеченное число называется числовым значением. Оно показывает, на сколько единиц измеряемый размер больше нуля или во сколько раз он больше единицы (измерения). Так, 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 своей работе Ю.И. Смирнов и М.М. Полевщиков обращают внимание на необходимость учитывать основной постулат и аксиомы метрологии при выполнении измерений [15].

Любое измерение по шкале отношений предполагает сравнение неизвестного размера с известным и выражение первого через второй в кратном или дольном отношении. В математическом выражении процедура сравнения неизвестного значения с известным, и выражения первого через второе в кратном или дольном отношении запишется так: $\frac{Q}{|Q|}$.

На практике не всегда неизвестный размер может быть представлен для сравнения с единицей. Жидкости и сыпучие вещества, например, предъявляются на взвешивание в таре. Другой пример, когда очень маленькие линейные размеры могут быть измерены только после увеличения их микроскопом или другим прибором. В первом случае процедуру

измерения можно выразить отношением $\frac{Q+v}{|Q|}$, во втором $\frac{nQ}{|Q|}$, где v– масса тары, а n– коэффициент увеличения. Само сравнение, происходит под влиянием множества случайных и неслучайных, аддитивных (от лат. aditivas– прибавляемый) и мультипликативных (от лат. multiplico– умножаю) факторов, точный учет которых невозможен, а результат совместного воздействия непредсказуем. Если мы ограничимся для простоты рассмотрения только аддитивными воздействиями, совместное влияние которых можно учесть случайным слагаемым η (эта), то получим следующее уравнение измерения по шкале отношении: $\frac{Q+v}{|Q|}+\eta=x$

Это уравнение выражает действие, т.е. процедуру сравнения в реальных условиях, которая и является измерением. Отличительная особенность такой измерительной процедуры – то, что при ее повторении из-за случайного характера ηотсчет по шкале отношений X получается каждый раз разным. Это фундаментальное положение – закон природы. На основании громадного опыта практических измерений сформулировано следующее утверждение, называемое основным постулатом метрологии: отсчет является случайным числом. На этом постулате основана вся метрология [15]. Полученное уравнение является математической моделью измерения по шкале отношений.

Известны три аксиомы метрологии. Первая аксиома: без априорной информации измерение невозможно. Эта аксиома метрологии относится к ситуации перед измерением и говорит о том, что если об интересующем нас свойстве мы ничего не знаем, то ничего и не узнаем. Вместе с тем, если о нем известно все, то измерение не нужно. Таким образом, измерение обусловлено дефицитом количественной информации о том или ином свойстве объекта или явления и направлено на его уменьшение.

Вторая аксиома: измерение есть не что иное, как сравнение. Эта аксиома относится к процедуре измерения и говорит о том, что нет иного

экспериментального способа получения информации о каких бы то ни было размерах, кроме как путем сравнения их между собой. Народная мудрость, говорящая о том, что «все познается в сравнении», перекликается здесь с трактовкой измерения данной Л. Эйлером: «Невозможно определить или измерить одну величину иначе как, приняв в качестве известной другую величину этого же рода и указав соотношение, в котором она находится с ней».

Третья аксиома: результат измерения без округления является случайным. Эта аксиома относится к ситуации после измерения и отражает тот факт, что на результат реальной измерительной процедуры всегда оказывают влияние множество разнообразных, в том числе случайных, факторов, точный учет которых в принципе невозможен, а окончательный итог непредсказуем. Вследствие этого, на практике, при повторных измерениях одного и того же постоянного размера либо при одновременном измерении его разными лицами, разными методами и средствами получаются неодинаковые результаты, если только не производить их округления (огрубления). Это отдельные значения случайного по своей природе результата измерения [15].

Не смотря на то, что получение отсчета является основным в измерительной процедуре, во внимание должно приниматься еще множество факторов, учет которых представляет не простую задачу. При подготовке и проведении высокоточных измерений в метрологической практике учитывается влияние: объекта измерения; субъекта (эксперта, или экспериментатора) измерения; способа измерения; средства измерения; условий измерения [15].

Объект измерения должен быть достаточно изучен. Перед измерением необходимо представить себе модель исследуемого объекта, которая в дальнейшем, по мере поступления измерительной информации, может изменяться и уточняться. Чем полнее модель соответствует измеряемому объекту или исследуемому явлению, тем точнее измерительный эксперимент.

Как известно в спорте объект измерения – один из самых сложных моментов, потому что представляет собой переплетение многих взаимосвязанных параметров с большими индивидуальными «разбросами» измеряемых величин. На них, в свою очередь, оказывают влияние биологические «внешние» и «внутренние», географические, генетические, психологические, социально-экономические и другие факторы.

Эксперт, или экспериментатор, вносит в процесс измерения элемент субъективизма, который по возможности должен быть уменьшен. Он зависит от квалификации измерителя, его психофизиологического состояния, соблюдения эргономических требований при измерениях и многого другого. Все эти факторы заслуживают внимания. К измерениям допускаются лица, прошедшие специальную подготовку, имеющие соответствующие знания, умения и практические навыки. В ответственных случаях их действия должны быть строго регламентированы [15].

Влияние средства измерений на измеряемую величину во многих случаях проявляется как возмущающий фактор. Включение электроизмерительных приборов приводит к перераспределению токов и напряжений в электрических цепях и тем самым оказывает влияние на измеряемые величины.

К числу влияющих факторов относятся также условия измерений [15]. Сюда входят температура окружающей среды, влажность, атмосферное давление, электрические и магнитные поля, напряжение в сети питания, тряска, вибрация и многое другое.

Общая характеристика влияющих факторов может быть дана под разными углами зрения: внешние и внутренние, случайные и неслучайные, последние – постоянные и меняющиеся во времени и т.п. Как пример, рассмотрим один из вариантов классификации влияющих факторов.

Факторы, влияющие на результат перед измерением – априорные факторы включают в себя:

1. Качество и количество априорной информации (Влияние на результат измерения качества и количества информации об измеряемом объекте. Чем ее больше, чем выше ее качество – тем точнее результат измерения. Накопление априорной информации – один из путей повышения точности результатов измерений).

2. Неадекватность модели объекта(Влияние того очевидного факта, что модель не может в точности соответствовать объекту).

3. Несовершенство метода измерений(Влияние теоретических допущений и упрощений, лежащих в основе метода измерений).

4. Несовершенство средства измерений(Влияние несовершенства измерительного инструмента или прибора, которое может быть как следствием некачественного его изготовления, так и результатом длительной эксплуатации. Отметка шкал показывающих приборов, например, не вполне точно соответствует измеряемым значениям. В процессе эксплуатации происходит старение материалов, возникает износ механизмов и деталей, развиваются люфты, зазоры, случаются скрытые метрологические отказы (выходы метрологических характеристик за пределы установленных для них норм). Понятно, что результат измерения находится в прямой зависимости от этих факторов).

Факторы, влияющие на результат непосредственно в процессе измерения:

1. Неправильная установка средства измерений (Неправильная установка и подготовка к работе средств измерений, принцип действия которых в той или иной степени связан с механическим равновесием, приводит к искажению их показаний. К подобным средствам измерений относятся приборы, в конструкцию которых входит маятник, приборы с подвешенной подвижной частью и др. Многие из них для установки в правильное положение снабжаются уровнями (отвесами, ватерпасами).

2. Влияние средства измерений на объект (Влияние средства измерений на объект может до неузнаваемости изменить реальную картину. Например,

перераспределение токов и напряжений в электрических цепях при подключении электроизмерительных приборов иногда оказывает заметное влияние на результат измерения).

3. Климатические условия (Влияние климатических факторов (температура окружающей среды, относительная влажность воздуха, атмосферное давление).

4. Электрические и магнитные (колебания силы электрического тока или напряжения в электрической сети, частоты переменного электрического тока, постоянные и переменные магнитные поля и др.).

5. Механические и акустические(вибрации, ударные нагрузки, сотрясения) факторы.

6. Ионизирующие излучения и др.,а также газового состава атмосферы и т.п. принято относить к условиям измерений.

Такие условия (3, 4, 5, 6), влиянием которых на результат измерения можно пренебречь, называют нормальными.

7. Случайные внешние помехи и внутренние шумы(измерительные приборы оказывают непредсказуемое совместное влияние на результат измерения, вследствие чего он имеет стохастическую природу).

8. Квалификация и психофизическое состояние персонала, выполняющего измерение имеют большое значение (знания, умения и навыки, сосредоточенность, внимательность, уравновешенность, добросовестность, самочувствие, острота зрения и многое другое).

Факторы, влияющие на результат после измерения – апостериорные факторы:

1. Качество алгоритма обработки данных(от правильной обработки экспериментальных данных во многом зависит результат измерения).

2. Несовершенство средств обработки данных(технические средства, используемые для обработки экспериментальных данных, не дают новой измерительной информации,они лишь помогают с большим или меньшим

успехом извлекать ее из экспериментальных данных и тем самым оказывают влияние на результат измерения).

3. Квалификация и психофизическое состояние персонала(непрофессиональные действия персонала при обработке экспериментальных данных могут свести на нет любые усилия, затраченные на их получение).

Приведенные классификации далеко не исчерпывают всего многообразия факторов, влияющих на результат измерения.

2.4. Точность измерений

В спортивной практике наибольшее распространение получили два вида измерений: прямые и косвенные [6].

Прямыми называют измерения, при которых измеряемое значение определяют непосредственно по шкале измерительного прибора [9]. Например, регистрация скорости бега, дальности метаний, величины усилий и др. – все это прямые измерения.

Косвенными (непрямыми) называют измерения, результаты которых получают преобразованием значений, полученных прямым измерением, по определенным формулам или правилам [9]. Например, между скоростью ведения мяча футболистом (V) и затратами энергии (E) существует зависимость типа $y = 1{,}683 + 1{,}32zx$, где y – затраты энергии в ккал; x – скорость ведения мяча. Если спортсмен ведет мяч с V = 6 м/с, то E = 9,6 ккал/мин.

Прямым способом измерить МПК (максимальное потребление кислорода) сложно, а время бега – легко. Поэтому время бега измеряют, а МПК – рассчитывают.

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно [16]. Точность измерения – это степень приближения результата измерения к действительному значению измеряемой величины. Результат измерения

неизбежно содержит погрешность (ошибку), величина которой тем меньше, чем точнее метод измерения и измерительный прибор. Необходимо стремиться к тому, чтобы эта ошибка была разумно минимальна. Результаты контроля являются основой для планирования нагрузок. Поэтому точно измерили – точно спланировали и наоборот. Знание точности измерений – обязательное условие, и поэтому в задачу измерений входит не только нахождение самой величины, но и оценка допущенных при этом погрешностей (ошибок) [6].

Погрешностью измерения называется отклонение результата измерений от действительного (истинного) значения измеряемой величины. Истинное значение физической величины считается неизвестным и применяется в теоретических исследованиях, действительное значение физической величины устанавливается экспериментальным путем в предположении, что результат эксперимента (измерения) в максимальной степени приближается к истинному значению [15].

Термины «точность измерения» и «погрешность измерения» имеют противоположный смысл и в равной мере используются для характеристики результата измерения.

По причинам возникновения погрешность разделяют на методическую, инструментальную и субъективную.

Методическая погрешность обусловлена несовершенством применяемого метода измерений, упрощений при построении конструкции средства измерений и неадекватностью используемого математического аппарата. Например, маска газоанализатора затрудняет дыхание, что снижает измеряемую работоспособность; математическая операция линейного сглаживания по трем точкам зависимости ускорения звена тела спортсмена от времени может не отражать особенности кинематики движения в характерные моменты. В большинстве случаев эти погрешности «действуют» регулярно, т.е. относятся к систематическим [15].

Инструментальная погрешность вызывается несовершенством средств измерения (измерительной аппаратуры), несоблюдением правил эксплуатации измерительных приборов. Она обычно приводится в технической документации на средства измерений. К данного рода погрешностям относят также помехи на входе средств измерения, вызываемые его подключением к объекту. Специалисты метрологи указывают, что инструментальная погрешность является одной из наиболее ощутимых составляющих погрешности измерений [15].

Субъективная (личная) погрешность возникает вследствие невнимательности или недостаточной подготовленности оператора, производящего измерения. Эта погрешность практически отсутствует при использовании автоматических или автоматизированных средств измерений. В большинстве случаев субъективные погрешности относятся к случайным, но некоторые могут быть и систематическими [15].

Если учесть, что погрешность зависит еще и от условий, в которых проводится само измерение, от экспериментальной ошибки методики и субъективных факторов человека, непосредственно участвующего в измерениях, то следует говорить о нескольких составляющих погрешности измерения, или о суммарной погрешности [15].

По условиям проведения измерений различают основные и дополнительные погрешности средств измерений.

Основная погрешность связана с методом измерения или измерительного прибора, которая имеет место в нормальных условиях их применения [16]. Например, точность измерения времени пробегания короткой дистанции с помощью разных (механического и электронного) секундомеров будет не одинаковой, что обусловливается точностью самого средства измерений. Эта погрешность, как правило, указана в инструкции измерительного прибора, также указываются и рабочие условия, в пределах которых допускается эксплуатация средств измерения с гарантированными метрологическими характеристиками [15].

Дополнительная погрешность вызвана отклонением одной из влияющих величин от нормального значения. Влияющими называются величины, не измеряемые рассматриваемыми средствами измерений, но оказывающие влияние на результаты измерений [15]. Например, прибор, предназначенный для работы при комнатной температуре, будет давать неточные показания, если пользоваться им летом на стадионе под палящим солнцем или зимой на морозе. К дополнительным относится и динамическая погрешность, обусловленная инерционностью измерительного прибора и возникающая в тех случаях, когда измеряемая величина колеблется необычно быстро [16]. Например, некоторые пульсотахометры рассчитаны на измерение средних величин частоты сердечных сокращений (ЧСС) и не способны улавливать непродолжительные отклонения частоты от среднего уровня.

Опираясь на работы В.М. Зациорского, В.Л. Уткина [16], М.А. Годика [6], величины основной и дополнительной погрешности могут быть представлены как в абсолютных, так и в относительных единицах.

Абсолютная погрешность (ошибка) есть разность между показанием прибора и истинным значением, которая выражается в тех же единицах, что и сама измеряемая величина:

$$\Delta A = A - A_o,$$

где ΔA – абсолютная погрешность; A – показатель прибора; A_o – истинное значение.

Так как истинное значение измеряемой величины обычно установить не представляется возможным, в его качестве принимают значение данной величины, полученное более точным способом.

Например, определение частоты шагов при беге на основе подсчета количества шагов за промежуток времени, измеренный с помощью ручного секундомера, дало результат 3,4 шаг/с. Этот же показатель, измеренный посредством радиотелеметрической системы, включающей в себя контактные датчики, оказался 3,3 шаг/с.

Следовательно, абсолютная погрешность измерения с помощью ручного секундомера составляет 3,4 – 3,3 = 0,1 шаг/с.

В практической работе часто удобнее пользоваться не абсолютной, а относительной величиной погрешности. Относительная погрешность измерения бывает двух видов: действительная и приведенная.

Действительная относительная погрешность определяется как отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины (в процентах) и выражается формулой:

$$\Delta A_{д} = \frac{\Delta A}{A_o} \times 100\%,$$

где $\Delta A_{д}$ – действительная относительная погрешность; ΔA – абсолютная погрешность; A_o – истинное значение.

Если известно максимально возможное или предельное значение измеряемой величины ($A_{м}$), то может быть определена приведенная относительная погрешность.

Приведенная относительная погрешность определяется как отношение абсолютной погрешности к максимально возможному значению измеряемой величины (в процентах) и выражается формулой:

$$\Delta A_{п} = \frac{\Delta A}{A_{м}} \times 100\%,$$

где $\Delta A_{п}$ – приведенная относительная погрешность; ΔA – абсолютная погрешность; $A_{м}$ – максимальное значение.

Эту величину обычно указывают в технической документации измерительной аппаратуры и называют классом точности прибора. Например, если динамометр пригоден для измерения величины силы до 1000Н и сила при этом измеряется с абсолютной погрешностью в 10Н, то в паспорте к данному прибору указывается класс его точности, в данном случае 1,0%. Приведенная относительная погрешность ($\Delta A_{п}$) рассчитывается

как $\Delta A_п = \frac{10}{1000} \times 100\%$. Таким образом, класс точности данного динамометра – 1,0%.

Рассмотрим пример определения абсолютной и относительной погрешности измерений [6]. Предположим, что измерение ЧСС после бега с помощью высокоточного прибора дает нам величину, близкую к истине и равную 150 уд/мин. Одновременное пальпаторное измерение дает величину, равную 162 уд/мин. Подставив эти значения в приведенные выше формулы, получим: $\Delta A = 150 - 162 = 12$ уд/мин – абсолютная погрешность; $\Delta A_д = \frac{12}{150} \times 100\% = 8\%$ – действительная относительная погрешность.

Изменения результатов при повторных измерениях погрешности разделяются по характеру на систематические, случайные и грубые [15].

Величина систематических погрешностей (ошибок) одинакова во всех измерениях, проводящихся одним и тем же методом с помощью одних и тех же измерительных приборов. Систематические погрешности можно разделить на четыре группы [6]:

1. погрешности (ошибки), причина возникновения которых известна и величина которых может быть определена достаточно точно (например, при измерении прыжка рулеткой возможно изменение ее длины за счет различий в t° воздуха. Это изменение можно оценить и внести поправки в результат прыжка);

2. погрешности (ошибки), причина возникновения которых известна, а величина нет. Такие ошибки зависят от класса точности измерительной аппаратуры (например, если класс точности динамометра составляет 2,0, его показания правильны с точностью до 2%. Но при нескольких измерениях ошибка может быть равна 0,3%; 2%; 0,7% и т.д. При этом точно определить ее значения для каждого из измерений нельзя);

3. погрешности (ошибки), происхождение которых и величина неизвестны. Обычно они проявляются в сложных измерениях, когда не удается учесть все источники возможных погрешностей;

4. погрешности (ошибки), связанные не столько с процессом измерения, сколько со свойствами объекта измерения. В спортивной практике объектами измерений являются действия и движения спортсмена, его социальные, психологические, биохимические и др. показатели. Измерения такого типа характеризуются определенной вариативностью, и в ее основе может быть множество причин (например, при измерении времени сложной реакции хоккеистов используется методика, суммарная систематическая погрешность которой по первым трем группам не превышает 1%. Но в серии повторных измерений конкретного спортсмена получаются такие значения времени реакции: 0,653 с; 0,526 с; 0,755 с т.д. Различия в результатах измерений обусловлены внутренними свойствами спортсменов: один из них стабилен и реагирует практически одинаково быстро во всех попытках, другой – нестабилен. Однако эта стабильность или нестабильность может измениться в зависимости от утомления, эмоционального возбуждения, уровня подготовленности). Систематический контроль за спортсменами позволяет определить меру их стабильности и учитывать возможные погрешности измерений.

Перед проведением любых измерений нужно определить источники систематических погрешностей и по возможности устранить их. Но так как полностью это сделать нельзя то внесение поправок в результат измерения позволяет исправить его с учетом систематической погрешности.

Для устранения систематической погрешности используют [6, 15,16]:

- тарирование – проверку показаний измерительных приборов путем сравнения их с показаниями образцовых значений (эталонов) во всем диапазоне возможных значений измеряемой величины;

- калибровку – определение погрешностей и величины поправок (например, на тензометрическую платформу поочередно помещают грузы весом 10, 20, 30 и т.д. кг.) для совокупности мер;

- рандомизацию – превращение систематической погрешности в случайную (измерение изучаемой величины производится несколько раз, результаты по окончании усредняются по правилам математической статистики).

В некоторых случаях погрешности (ошибки) возникают по причинам, предсказать которые заранее попросту невозможно. Такие погрешности (ошибки) называются случайными. Случайные погрешности принципиально неустранимы. Их выявляют и учитывают с помощью математического аппарата теории вероятностей (напр.: при обработке результатов отбрасывают минимальное и максимальное значения). Без статистической обработки результаты измерений не могут считаться достоверными.

Грубой называют погрешность (ошибку) измерения, существенно превышающую ожидаемую при заданных условиях [15]. Причиной возникновения такого рода погрешности может быть внезапный скачек напряжения в сети питания прибора, незамеченное нарушение методики выполнения измерений, неверное снятие отсчета или неверная запись результата. Грубые погрешности (ошибки) измерения, приводящие к явно нелепым результатам, легко обнаруживаются, и такие результаты исключают из массива полученных данных. Некоторые из них нельзя уверенно исключить. Поэтому их выявляют статистическими методами, суть которых заключается в том, что грубыми признаются те погрешности, вероятность появления которых не превышает некоторой заранее выбранной величины.

Вопросы для самоконтроля

Что понимают под измерением?

Что называют эталоном?

Какие есть виды эталонов?

Что называют стандартом?

Какой орган осуществляет руководство работой по метрологии и стандартизации?

Кто осуществляет руководство стандартизацией в физическом воспитании и спорте?

На какие виды делятся измерения?

Какие существуют средства измерений?

Что понимают под измерительными преобразователями?

Что относится к измерительным приборам, установкам и системам?

Что такое датчик?

Какие датчики используются в спортивных измерениях?

Что такое линия связи?

Какие разновидности телеметрических систем используются в спортивной практике?

Что такое «шкала»?

Какие известны шкалы измерений?

Что является основами обеспечения единства измерений?

Каковы факторы, влияющие на результат перед измерением?

Каковы факторы, влияющие на результат в процессе измерения?

Каковы факторы, влияющие на результат после измерения?

Что такое точность и погрешность измерений?

Какие существуют виды погрешности измерений?

Как устранить или уменьшить погрешность измерений?

Как рассчитать погрешность и записать результат прямого измерения?

ГЛАВА 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕСТОВ

3.1. Определение теста

Способности человека, его творческий потенциал, психические особенности, моральные качества, тренированность, специальная работоспособность и многие другие качества непосредственного измерения не имеют. Во всех перечисленных случаях для оценки подобных свойств пользуются тестами [12].

Прежде чем рассмотреть основные понятия и определения термина «тест» в спортивной метрологии обратимся к обзору применения тестов в мировой практике.

Тест как метод изучения индивидуальных различий возник сравнительно недавно. Временем его возникновения считается конец 19 – начало 20 веков, когда для определения физических, физиологических и психических особенностей человека психологи попытались применить различные способы измерения [10].

Метод тестирования широко известен за рубежом. В нашей стране в силу различных причин тесты разного назначения и качества появились не так давно.

Одним из первых ученых, попытавшихся измерить различия между людьми в области элементарных психических процессов, был англичанин Френсис Гальтон. Во время проходившей в Лондоне в 1884 году Международной выставки медицинского оборудования, средств и методов охраны здоровья была устроена лаборатория, где посетители в возрасте от 5 до 80 лет могли проверить свои физические способности, физиологические возможности организма и психические свойства по 17 показателям: рост, вес, жизненная емкость легких, сила кисти и сила удара, различие цветов, острота зрения и др. Было обследовано более 9000 человек. Френсис Гальтон считал, что наиболее достоверные результаты получаются при обследовании

большого количества испытуемых. В трудах Ф. Гальтона прозвучала мысль о необходимости внешнего критерия, независимого от эксперимента, что позволило бы «узнать, какой тест является наиболее информативным».

Как отмечает А.Н. Майоров [10] важным вкладом Ф. Гальтона в развитие теории тестов было определение трех основных принципов:

1. Применение серии одинаковых испытаний к большому количеству испытуемых.

2. Статистическая обработка результатов.

3. Выделение эталонов оценки.

Эти принципы используются и по сей день – на основе проведения серий испытаний получаются различного вида нормы для оценки результатов тестирования, все современные тесты построены на основе статистической теории измерений, а идеи эталона оценки лежат в основе определения тестов как стандартизированного инструмента.

Наибольшую популярность этот термин приобрел после выхода статьи Джеймса Мак-КинаКеттелла (американского психолога, некоторое время работавшего в лаборатории Ф. Гальтона) «Умственные тесты и измерения», опубликованной в 1890 г.

Качественный скачек в развитии тестологии связан с деятельностью видного французского психолога Альфреда Бине, родоначальника современных тестов, предназначенных для диагностики уровня развития интеллекта (началом послужила публикация в 1896 г. статьи по вопросам индивидуальной психологии). Возможность применить научные разработки в педагогической практике возникла у А. Бине в 1904 г. Он вошел в состав комиссии по созданию в Париже специальных школ для умственно неполноценных детей. Бине и Теодор Симон разработали серию из 30 тестов-заданий для детей от 3 до 11 лет. Применение этого теста было первой попыткой определить индивидуальные различия между детьми с помощью измерения у их умственного развития. А. Бине и Т. Симон неоднократно пересматривали созданную ими шкалу. Важным изменением было то, что

впервые тесты группировались по возрастным уровням, что позволило определить нормы для детей разных возрастов, и вводилось понятие умственного уровня (позднее замененного на умственный возраст, а еще позже на показатель умственного развития IQ). Вариант 1911 года содержал шкалу, продолженную до возраста 15 лет, была сделана попытка стандартизировать шкалу и определить ее валидность [10].

В работах А.Н. Майорова, С.В. Начинской отмечается [10, 12], что развитие тестов достаточно длительное время проходило как инструмента индивидуальных измерений. Массовый характер тестирования вызвал необходимость перейти от индивидуальных тестов к групповым. В 1917-1918 годах в США появились первые групповые тесты для нужд армии. Наибольшее применение нашли два набора тестов Артура Синтона Отиса(Альфа- и Бета – тесты) для владеющих английским языком и «немые» тесты для не владеющих или плохо владеющих языком. Основные принципы составления этих тестов легли в основу всей методологии групповых тестов:

1. Принцип ограничения во времени (чтобы только 5% испытуемых могли окончить проработку всего теста), т.е. показатель развития прямо зависит от скорости выполнения заданий испытуемым.

2. Принцип детализированной инструкции, как в отношении проведения, так и в отношении подсчета.

3. Введены тесты с выборочным методом формирования ответа с указанием подчеркнуть наугад в случае незнания или сомнения.

4. Подбор тестов после тщательной статистической обработки и экспериментальной проверки.

В это же время широко развиваются методики обработки результатов тестирования, создания тестовых систем [10]. Гальтон первый разработал метод статистического сравнения двух рядов переменных и ввел индекс совместного отношения, названный коэффициентом корреляции. Также Ф. Гальтону принадлежит заслуга изучения взаимосвязи переменных и построения линий регрессии одной переменной на другую. В 1896 г. Карл

Пирсон заложил основы теории корреляции. В 1904 г. Чарльз Эдвард Спирмен показал, что корреляция между двумя переменными свидетельствует о наличии общего фактора (причины, определяющей величины этих переменных) и специфических факторов, присущих каждой переменной. Тем самым Ч. Спирмен явился основателем двухфакторной теории. Впоследствии Луис Левон Терстоун развил идею факторного анализа. Он исходил из понимания интеллекта как целого, состоящего из нескольких первичных способностей (вербальной, перцептивной, способности к восприятию пространства, памяти, беглой речи). Все эти факторы равноправны, не существует единого фактора интеллекта. С помощью факторного анализа не просто устанавливается связь изменения одной переменной с изменением другой, а определяется мера этой связи и обнаруживаются основные причины, лежащие в основе указанных изменений. Достижения корреляционного и факторного анализа находят свое применение и в современных исследованиях.

С начала 20 века определилось педагогическое направление в развитии тестологии [10].

Американец В.А. Макколл разделил тесты на педагогические (EdukacatinalTest) и психологические – по определению уровня умственного развития (IntelligenceTest).

Разработка первого педагогического теста принадлежит американскому психологу Эдуарду Ли Торндайку. Он считается основоположником педагогических измерений. Первый стандартизированный педагогический тест, вышедший под руководством Э. Торндайка был тест Стоуна на решение арифметических задач, впервые снабженный «нормами».

В 1915 году Йеркс создал свою серию тестов, главное отличие которой – изменение системы подсчета, за каждый правильно решенный тест испытуемый получает известное количество баллов (вместо возрастных долей, предложенных А. Бине).

Таким образом, можно выделить два принципиально разных подхода к тестированию как к научному методу. Эти подходы чаще всего называют европейским и американским тестированиями [12].

За основу в развитии европейского тестирования было взято исследование по определению умственного развития детей. Идея тестирования состояла в том, что личный показатель испытуемого сравнивался с некоторым обобщенным показателем большинства лиц аналогичной категории.

При сравнении осуществлялась оценка свойств испытуемого и с этой целью были введены понятия тестов скорости и мощности.

Тест скорости предполагает работу с обычным тестом в ограниченное время.

Тест мощности регулирует сложность тестовых заданий.

Самым известным способом современного европейского тестирования является создание иерархии испытуемых в соответствии с формулой

$$r_v = 100 - \frac{100R - 50}{N},$$

где r_v – качественный показатель места испытуемого в иерархии всех испытуемых; R– порядковое место испытуемого при выполнении теста; N – количество испытуемых.

Эта формула позволяет установить (в условных единицах) качество занятого испытуемым места в иерархии всех испытуемых. Воспользуемся примером из работы С.В. Начинской [12]. Распределим места среди 7 спортсменов, принимающих участие в соревновании в соответствии с формулой иерархии испытуемых:

$$r_{v1} = 100 - \frac{100 \times 1 - 50}{7} = 92{,}86;$$

$$r_{v2} = 100 - \frac{100 \times 2 - 50}{7} = 78{,}57;$$

$$r_{v3} = 100 - \frac{100 \times 3 - 50}{7} = 64{,}29;$$

$$r_{v4} = 100 - \frac{100 \times 4 - 50}{7} = 50{,}00;$$

$$r_{v5} = 100 - \frac{100 \times 5 - 50}{7} = 35{,}72;$$

$$r_{v6} = 100 - \frac{100 \times 6 - 50}{7} = 21{,}43;$$

$$r_{v7} = 100 - \frac{100 \times 7 - 50}{7} = 7{,}15.$$

Вывод: призовые места значительно весомее остальных мест.

Данный пример показал европейское тестирование, создающее и уточняющее иерархию испытуемых, которая пригодна для интеллектуальных и для моторных (двигательных) тестов.

Основой американского тестирования являлась надежность и точность теста. В 1895-1896 годах в США были созданы два национальных комитета для организации работы тестологов. Результат их работы – более 2000 апробированных тестов опубликованных к 1961 году.

Масштабность работы повлекла за собой большую ответственность при проведении тестирования. Возникло понятие аутентичности теста. От теста как от инструмента измерения свойств личности требовались точность и надежность измерений.Под точностью понимали измерение именно того свойства, которое подлежит оценке. В такой ситуации нужно измерить одно, вполне определенное свойство. Под надежностью измерений понимали такую особенность теста, которая гарантировала бы независимо от срока давности проведения тестирования и от пользователя один и тот же результат [12].

Общая схема проведения американского тестирования отражает метрологические требования к тестам (рис. 6).

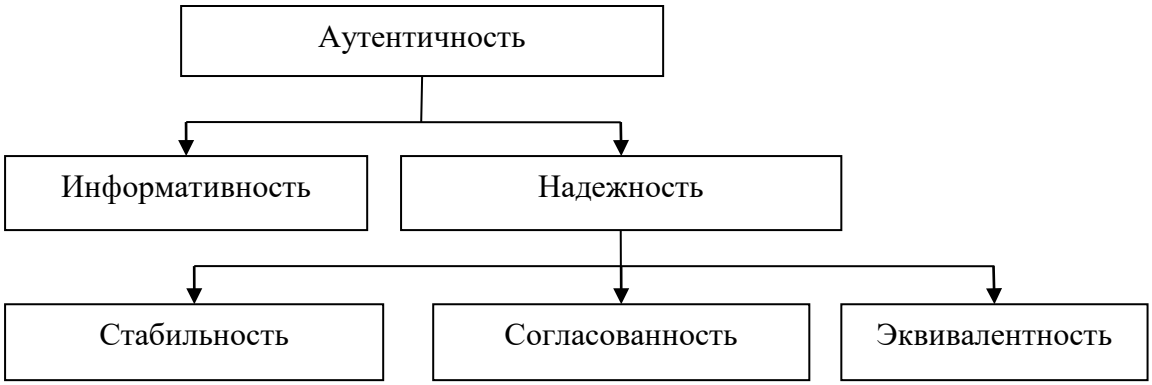

Рис. 6. Общая схема проведения американского тестирования

Аутентичность (добротность) – способность теста точно и надежно измерять изучаемое свойство.

Информативность (идентично понятию «валидность» – цена) – способность теста изучать, оценивать именно данное свойство, а не какое-либо иное.

Надежность– способность теста измерять изучаемое свойство.

Стабильность – способность теста показывать практически один и тот же результат по истечении некоторого времени в равных условиях: первичный тест – это тест, повторный – это ретест.

Согласованность– способность теста показывать практически один и тот же результат при осуществлении тестирования разными лицами.

Эквивалентность– способность теста показывать практически один и тот же результат при использовании нескольких тестовых заданий.

Аутентичный тест предполагает два рода деятельности:

1) пользование аутентичным тестом;

2) создание аутентичного теста.

Создание, или доказательство, аутентичности предполагает доказательство всех элементов аутентичности: информативности и надежности.

Основное доказательство аутентичности теста осуществляется посредством коэффициента корреляции Бравэ - Пирсона.

Информативность теста подтверждается следующим образом: определяется некоторый численный показатель или выбирается другой тест, проверенный на информативность (критерий информативности); между критерием информативности и предполагаемым тестом рассчитывается коэффициент корреляции; если этот коэффициент корреляции окажется высоким (как правило, не ниже 0,8), то проверяемый тест следует считать информативным.

Надежность теста, включающая в себя стабильность, согласованность и эквивалентность, проверяется аналогичным способом.

Работа по созданию аутентичного теста сводится к следующему процессу.

1. Определяется цель тестирования.

2. В соответствии с установленной целью подбирается тестовое задание в качестве гипотетического исходного теста с учетом особенностей контингента испытуемых.

3. Исходный тест проверяется на аутентичность: если она доказана, тест можно принять.

Как отмечает С.В. Начинская [12], существует большое количество модификаций американского тестирования. Это в основном применение различных видов коэффициентов корреляции или их сочетаний, использование факторного анализа как некоего аналога критерия информативности, большое количество испытуемых на оценку согласованности и эквивалентов тестовых заданий и т.д. Однако сущность метода остается неизменной.

По данным А.Н. Майорова, проникновение тестов в Россию шло особым путем, до 1917 года вопросам тестирования уделялось недостаточное внимание, после 1925 года была создана особая тестовая комиссия при педагогическом отделе Института методов школьной работы [10].

Проблемой разработки тестов вплотную занимались видные российские психологи и педагоги: С.Г. Геллерштейн, П.П. Блонский, А.П. Болтунов, М.С. Бернштейн, А.М. Шуберт, Г.И. Залкинд и др.

Весной 1926 года вышли стандартизированные тесты для советской школы, созданные на основе американских. В 1927 году вышла книга С.М. Василейского «Введение в теорию и технику психологического, педагогического и психотехнического исследования».

Положение кардинально изменилось после выхода в 1936 г постановления ЦК ВКП(б) «О педагогических извращениях в системе Наркомпросов». Метод тестов был признан буржуазным орудием для дискриминации учащихся и «изгнан» из советской школы.

В настоящее время в нашей стране несколько центров достаточно профессионально занимаются работой с тестовыми методиками. Среди наиболее активных: Центр оценки качества образования Института общего среднего образования РАО, Центр тестирования выпускников общеобразовательных учреждений Российской Федерации, Центр психологического и профессионального тестирования МГУ, Научно-информационный центр государственной аккредитации Минобразования России (г. Йошкар-Ола), Центр аттестации Института развития регионального образования (г. Екатеринбург) и др.

Рассмотрим несколько современных словарных определений тестов для психолого-педагогической области:

Тест – это объективное и стандартизированное измерение, легко поддающееся количественной оценке, статистической обработке и сравнительному анализу.

Тест – стандартизированные задания, по результатам выполнения которых судят о психофизиологических и личностных характеристиках, а также знаниях, умениях и навыках испытуемого.

Тест – эта система заданий, позволяющих измерить уровень развития определенного психологического качества (свойства) личности.

Тест – это специфический инструмент, состоящий из совокупности заданий или вопросов и проводимый в стандартных условиях, позволяющих выявить типы поведения, уровень владения какими-либо видами деятельности и т.п.

Тест – стандартизированное, часто ограниченное во времени испытание, предназначенное для установления количественных и качественных индивидуально – психологических особенностей.

Тест – это инструмент, состоящий из квалиметрически выверенной системы тестовых заданий, стандартизированной процедуры проведения и заранее спроектированной технологии обработки и анализа результатов, предназначенный для измерения качеств и свойств личности, измерение которых возможно в процессе систематического обучения.

Тесты как измерительный инструмент используются в большинстве стран мира. Их разработка и использование основано на мощной теории и подтверждено многочисленными эмпирическими исследованиями. Тестология как теория и практика тестирования существует более 120 лет, и за все это время накоплен громадный опыт использования тестов в различных сферах человеческой деятельности, включая физическое воспитание и спорт.

Приведем несколько определений теста из работ по спортивной метрологии, сделанных авторами В.М. Зациорским (1982), М.А. Годиком (1988), Ю.И. Смирновым, М.М. Полевщиковым (2000), В.Б. Коренбергом (2008), Е.П. Врублевским (2015) в соответствующем порядке:

Измерение или испытание, проводимое с целью определения состояния или способностей спортсмена, называется тестом [16].

Измерение или испытание, проводимое для определения состояния или способностей спортсмена, называется тестом [6].

Тестом (от англ. Test –проба, испытание) в спортивной практике называется измерение или испытание, проводимое с целью определения состояния или способностей человека [15].

Тест – процедура пробы или измерения, задание или система заданий, выполнение которых (тестирование) позволяет определить уровень состояния, свойства, функции объекта. Это схема тестирования, достаточно подробная, что позволяет, руководствуясь ею, правильно проводить тестирование, получая воспроизводимые и сопоставимые результаты (результаты различных людей или одного и того же человека). Содержание теста в основном определяет оправданность и эффективность его применения в каждом конкретном случае [9].

Тест – это стандартизированные измерения или испытания, проводимые с целью определения физического состояния или способностей занимающихся [5].

В спортивных науках проводится тестирование с целью получения различных численных значений в ходе измерений [1]. Само по себе тестирование рассматривают как косвенное измерение. Тестирование проводят в том случае, когда изучаемый объект недоступен для прямого измерения. Например, трудно определить преобладание в мышечной системе ног «белых» или физических волокон над «красными» или оксидативными. Поэтому проводится тест с вертикальным прыжком, результаты которого удовлетворительно коррелируют с прямыми гистохимическими исследованиями пунктата мышечной ткани четырехглавой мышцы бедра. Точно так же лабораторное тестирование общей физической работоспособности по тесту PWC_{170} является надежным, хотя и косвенным показателем выносливости спортсмена.

Тестирование проводят и в том случае, когда изучаемое явление не вполне корректно. В этой связи можно привести примеры оценки двигательных качеств спортсмена при помощи тестирования с последующим педагогическим оцениванием. Также тексты применяются для определения уровня развития и совершенствования спортивной техники, тактической подготовленности, психологического статуса спортсмена. В проведении

массовых обследований при отборе детей для занятий тем или иным видом спорта используются моторные (двигательные) и психологические тесты.

Процедура выполнения теста называется тестированием, при этом результатами тестирования являются численные значения, полученные в ходе измерений [6]. Например, бег на 30 м – это тест, сама процедура проведения забегов и определение их длительности – это тестирование, а длительность движения или время бега – результат теста. Таким образом, измерения и тестирование связаны самым тесным образом и составляют основу метрологических исследований. Для того чтобы спортивный педагог мог использовать результаты тестирования в своей практической деятельности, их подвергают педагогическому оцениванию. В этом случае им дают качественную оценку или выражают в очках, баллах (например, результаты в легкоатлетических многоборьях). Разные методические приемы унифицирования результатов тестирования двигательных качеств, спортивной подготовленности, функционального состояния организма спортсменов и представление их в удобной (часто в интегральной) для интерпретации форме предложены в работах спортивных метрологов, специалистов в области физической культуры и спорта [1, 4, 5].Испытаний с целью получения количественной информации о спортсмене может проводиться много. При этом необходимо подчеркнуть, что не всякие измерения могут быть использованы как тесты, а только те, которые отвечают специальным требованиям:

1) стандартность (процедура или протокол, а также условия тестирования должны быть одинаковыми во всех случаях применения теста);

2) система оценок результатов тестирования;

3) надежность;

4) информативность.

Тесты, удовлетворяющие требованиям надежности и информативности, называют добротными или аутентичными (authentic – англ. – подлинный, аутентичный).

3.2. Метрологические требования к тестам: стандартность, надежность, информативность

В ходе спортивной подготовки проводят измерения различных сторон подготовленности спортсменов. Измерения должны проводиться систематически, что даст возможность сравнивать значения показателей на разных этапах тренировки и в зависимости от динамики приростов в тестах нормировать нагрузку.

Эффективность нормирования зависит от точности результатов контроля, которая в свою очередь зависит от стандартности проведения тестов и измерения в них результатов [6].

Рассмотрим пример, характеризующий важность указанной зависимости М.А. Годиком. Предположим в начале подготовительного периода провели обследование бегунов на средние и длинные дистанции. Физическую работоспособность спортсменов определяли в велоэргометрическом тесте, задавая нагрузку ступенчато возрастающей мощности. Установили, что МПК в это момент оказалось равным 65±5 мл/кг·мин.

Известно, что одной из задач подготовительного периода является повышение физической работоспособности, и поэтому спортсмены выполняли значительную работу по ее развитию. В конце подготовительного периода вновь провели тестирование и определили, что уровень МПК возрос до 70±4 мл/кг·мин. Разница в 5 мл/кг·мин, казалось бы, свидетельствовала об эффективности тренировок. Но в этот раз тестирование провели не на велоэргометре, а на тредбане и тоже использовали тест ступенчато возрастающей мощности. Вполне правомерен вопрос: а не возникла ли эта разница из-за несовпадения методик тестирования? Дело в том, что в беге (по сравнению с педалированием) весьма значительна вертикальная работа,

причем, чем больше масса спортсмена, тем больше эта работа. Поэтому, вероятно, и МПК оказалось большим.

Различия в результатах могут также явиться следствием того, что в первом тесте спортсмены бежали в манеже с 200-метровой дорожкой, а в повторном – на стадионе; или в первый раз – по сухой тартановой дорожке, во второй – по мокрой резинобитумной и т.д.

Различия в результатах, возникающие вследствие такого рода причин, недопустимы. Устранить их можно, только стандартизировав методику тестирования. Для этого необходимо соблюдать следующие требования:

1) режим дня, предшествующего тестированию, должен строиться по одной схеме. В нем исключаются средние и большие нагрузки, но могут проводиться занятия восстановительного характера. Это обеспечит равенство текущих состояний спортсменов, и исходный уровень перед тестированием будет одинаковым;

2) разминка перед тестированием должна быть стандартной (по длительности, подбору упражнений, последовательности выполнения);

3) тестирование по возможности должны проводить одни и те же, умеющие это делать люди;

4) схема выполнения теста не изменяется и остается постоянной от тестирования к тестированию;

5) интервалы между повторениями одного и того же теста должны ликвидировать утомление, возникшее после первой попытки;

6) спортсмен должен стремиться показать в тесте максимально возможный результат. Такая мотивация реальна, если в ходе тестирования создается соревновательная обстановка. Однако этот фактор хорошо действует при контроле подготовленности детей. У взрослых спортсменов высокое качество тестирования возможно лишь в том случае, если комплексный контроль будет систематическим и по его результатам, будет корректироваться содержание тренировочного процесса.

Описание методики выполнения любого теста должно учитывать все эти требования.

Одним из важных условий подбора добротных тестов является их надежность.

Надежностью теста называется степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же людей (или других объектов) в одинаковых условиях [16].

Известно, что даже при самой строгой стандартизации и точной аппаратуре результаты тестирования всегда несколько варьируют.

Вариацию результатов при повторных измерениях называют внутрииндивидуальной, внутригрупповой или внутриклассовой. Основными причинами такой вариации результатов тестирования, которая искажает оценку истинного состояния подготовленности спортсмена, то есть вносит определенную ошибку или погрешность в эту оценку, являются следующие обстоятельства [1]:

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

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

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

по этой причине погрешности измерений могут составлять значительные величины;

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

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

Чтобы разобраться в идее методов, используемых для суждения о надежности тестов, рассмотрим упрощенный пример, предложенный В.М. Зациорским [16]. Предположим, что необходимо сравнить результаты прыжков в длину с места у двух спортсменов по двум выполненным попыткам. Допустим, что результаты каждого из спортсменов варьируют в пределах ± 10 см от средней величины и равны соответственно 230 ± 10 см (т.е. 220 и 240 см) и 280± 10 см (т.е. 270 и 290 см). В таком случае вывод будет однозначным: второй спортсмен превосходит первого (различия между средними в 50см явно выше случайных колебаний в ± 10 см). Если же при той же самой внутригрупповой вариации (± 10 см) различие между средними значениями исследуемых (межгрупповая вариация) будут маленькими, то сделать вывод будет гораздо труднее. Допустим, что средние значения будут примерно равны 220 см (в одной попытке – 210, в другой – 230 см) и 222 см (212 и 232 см). При этом первый исследуемый в первой попытке прыгает на 230 см, а второй – только на 212 см; и создается впечатление, что первый существенно сильнее второго. Из этого примера видно, что основное значение имеет не сама по себе внутриклассовая изменчивость, а ее соотношение с межклассовыми различиями. Одна и та же внутриклассовая изменчивость дает разную надежность при равных различиях между классами (в данном случае между исследуемыми, см. рис. 7).

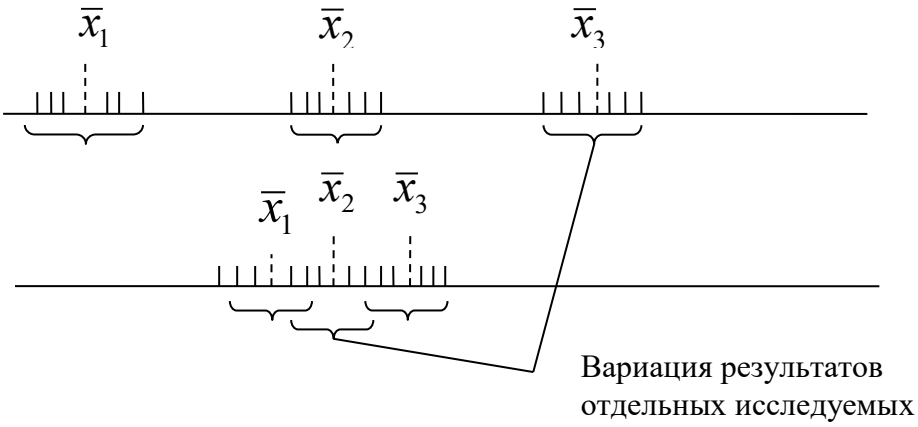

Рис. 7.Соотношение меж- и внутриклассовой вариации при высокой (вверху) и низкой (внизу) надежности: короткие вертикальные штрихи – данные отдельных попыток, $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$, $\bar{x}_3$– средние результаты трех испытуемых

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

$$x_t = x_\infty + x_e,$$

где x_t – зарегистрированный в процессе измерения результат теста;

x_∞ – истинный результат, который хотят зарегистрировать, под ним понимают среднее значение при бесконечно большом числе наблюдений в одинаковых условиях, поэтому и ставят знак бесконечности;

x_e– ошибка, вызванная неконтролируемой вариацией в состоянии испытуемого, привносимая измерительным прибором.

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

$$\sigma_t^2 = \sigma_\infty^2 + \sigma_e^2,$$

где σ^2_t–дисперсия результатов измерений равна сумме дисперсии истинных результатов (σ^2_∞) и ошибок (σ^2_e);

σ^2_∞– характеризует идеализированную(т.е. свободную от ошибок) межклассовую вариацию;

σ^2_e–внутриклассовая вариативность (влияние σ^2_e изменяет распределение результатов теста).

Критерием надежности теста может служить коэффициент надежности (r_{tt})– это отношение истинной дисперсии к дисперсии, зарегистрированной в процессе измерений [6, 16]:

$$r_{tt} = \frac{\text{истинная дисперсия}}{\text{зарегистрированная дисперсия}}$$

$$r_{tt} = \frac{\sigma^2_\infty}{\sigma^2_t} = \frac{\sigma^2_t - \sigma^2_e}{\sigma^2_t} = 1 - \frac{\sigma^2_e}{\sigma^2_t}$$

Иными словами, коэффициент надежности (r_{tt}) есть просто доля истинной вариации в той вариации, которая зарегистрирована в измерении [16].

На практике используют индекс надежности, который рассчитывают по формуле: $r_{t\infty} = \sqrt{r_{tt}}$ и рассматривают как теоретический коэффициент корреляции зарегистрированных значений теста с истинными.

Еще один критерий – стандартная ошибка надежности. Она рассчитывается по формуле: $\sigma_{t\infty} = \sigma_t\sqrt{1 - r_{tt}}$ и характеризует среднее квадратическое отклонение зарегистрированных результатов теста (x_t) линии регрессии, связывающей значение x_t с истинными результатами (x_∞). Пример использования стандартной ошибки надежности представлен на рисунке 8, по которой можно узнать, каково среднее стандартное отклонение результатов отдельных спортсменов от их собственных средних величин [6]. Предположим, стандартная ошибка надежности равна ±3 см, это значит, что в 68% случаев индивидуальные результаты повторных измерений отклоняются на ±3 см от того среднего результата, который каждый из них показал [6, 16].

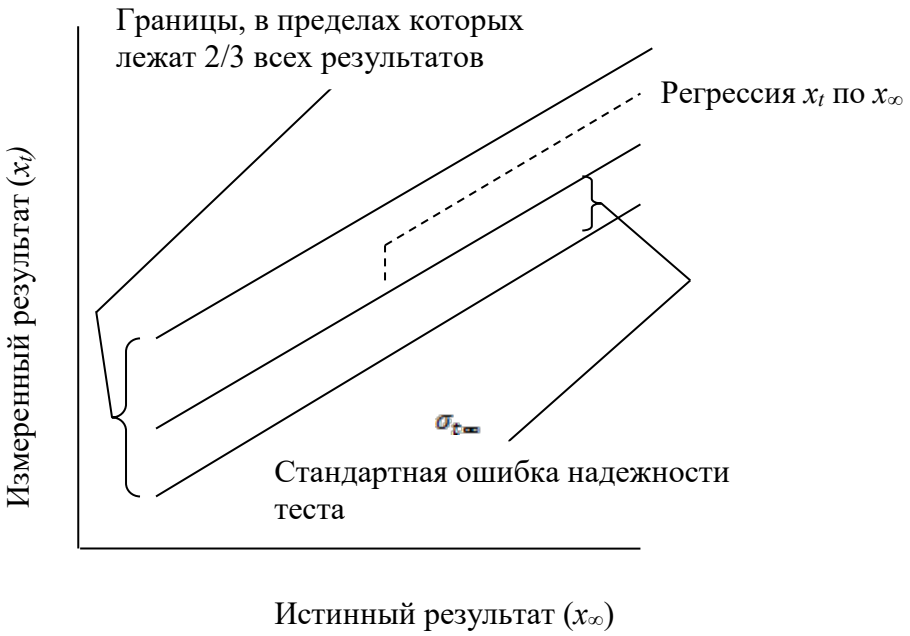

Рис. 8. Определение стандартной ошибки надежности

Обычно комплексный контроль проводится с помощью тестов, надежность которых была заранее определена специалистами в области спортивной метрологии. Однако имеющиеся в справочниках значения надежности тестов не всегда могут быть обобщены для всех случаев тренерской работы, так как были получены в определенных условиях у конкретной группы людей (например, надежность такого теста, как бег на 30 м, различна у квалифицированных спринтеров, баскетболистов, гимнастов, школьников, физкультурников и т.д.). Кроме того, у тренера может возникнуть идея, проверить подготовленность спортсменов с помощью созданного им самим теста или теста, в который внесены изменения. В этом случае необходима проверка надежности тестов [6].

Самым простым способом проверки, по мнению М.А. Годика, является визуальное сравнение показателей первой и второй попыток в тесте для каждого спортсмена. В группах, как правило, тренируются 20-30 спортсменов, и после тестирования такое сравнение результатов не занимает много времени. Если результаты повторных измерений совпадают, значит, использованный тест характеризуется высокой надежностью. Однако такие

ситуации встречаются сравнительно редко и при визуальном сравнении получают качественную оценку: тест «надежен» или «ненадежен». Количественную меру определяют в виде коэффициента надежности и для этого можно использовать два метода.

Первый – дисперсионный анализ, который позволяет рассчитать значение коэффициента надежности и установить влияние различных факторов на изменчивость результатов в тесте.

Техника такой работы ясна из следующего примера [6]. Группе юных баскетболистов тренер предложил выполнить три раза по десять штрафных бросков. Цель этого теста – определение точности заданий. Необходимо узнать, надежен ли тест или нет. Результаты трех серий штрафных бросков и первичную статистическую обработку представим в таблице (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты трех серий штрафных бросков

Спортсмен	Попытка			Σx_{ij}	$\bar{x} \pm \sigma$
	1-я	2-я	3-я		
1	7	9	8	24	8,00±0,81
2	10	8	8	26	8,66±0,94
3	7	8	9	24	8,00±0,82
4	7	5	7	19	6,33±0,94
5	8	8	7	23	7,67±0,47
6	6	6	8	20	6,67±0,94
	45	44	47	136	7,56±1,16

Для обработки экспериментальных данных используем алгоритм дисперсионного анализа.

1. Определим суммы по каждой строке и каждому столбцу, рассчитаем средние арифметические для каждого спортсмена и общую среднюю.

2. Общее количество наблюдений: nm = 18 (6 спортсменов по 3 попытки), где n – количество спортсменов;m – количество попыток.

3. Определим общее количество мячей: G= 136.

4. Рассчитаем корректирующий фактор:

$$C = \frac{G^2}{nm} = \frac{136^2}{18} = 1027{,}55.$$

5. Определим полную сумму квадратов отклонений от среднего значения: $\Sigma x_{ij}^2 - C = 7^2 + 10^2 + \cdots 8^2 - 1027{,}55 = 18{,}45.$

6. Рассчитаем сумму квадратов для спортсменов:

$$\frac{\Sigma n_i^2}{m} - C = \frac{1}{3(24^2 + \cdots 20^2)} - 1027{,}55 = 11{,}78.$$

7. Рассчитаем сумму квадратов для попыток:

$$\frac{\Sigma m_j^2}{n} - C = \frac{1}{6}(45^2 + 44^2 + 47^2) - 1027{,}55 = 0{,}78.$$

8. Рассчитаем остаточную вариацию: $18{,}45 - (11{,}78 + 0{,}78) = 5{,}89.$

Далее заполним таблицу, в которой будут представлены результаты дисперсионного анализа (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты дисперсионного анализа данных трех серий штрафных бросков

Вариация	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Дисперсия	Отношения дисперсий	*F*
Между спортсменами	11,78	5	2,36	4,00	2,80
Между попытками	0,78	2	0,39	0,66	-
Остаточная	5,89	10	0,59	-	-
Общая	18,45	17	1,08	-	-

Установлены существенные различия между спортсменами, т.к. $F_{расчетное}$=4, а $F_{теоретическое}$=2,8; между попытками различий неустановленно.

Далее приступим к расчету внутриклассового коэффициента корреляции, который и характеризует надежность данного теста. Для этого вначале вычислим совместную дисперсию по формуле:

$$\sigma^2_{совм} = \frac{0{,}78 + 5{,}89}{2 + 10} = 0{,}56.$$

Затем рассчитаем внутриклассовый коэффициент:

$$\eta = \frac{2{,}36 - 0{,}56}{2{,}36 + \left(\frac{3}{3} - 1\right) \cdot 0{,}56} = 0{,}76.$$

Надежность теста при трех попытках невысока. Если число попыток увеличить до 6, то надежность теста увеличится так:

$$\eta = \frac{2{,}36 - 0{,}56}{2{,}36 + \left(\frac{3}{6} - 1\right) \cdot 0{,}56} = 0{,}87.$$

Второй метод определения надежности тестов значительно проще, но может использоваться только в случае двух попыток и отсутствии тренда (т.е. постоянного, от попытки к попытке, повышения или понижения результатов теста). В этом случае рассчитывается обычный коэффициент корреляции, при этом оценивается надежность не двух, а одной попытки.

Для рассмотренного примера трех серий штрафных бросков (табл. 4), коэффициент корреляции между первой и второй попытками равен 0,43; между второй и третьей – 0,48.

Таким образом, для определения коэффициента надежности теста существуют специальные математические формулы. Тесты, надежность которых меньше указанных в таблице значений, использовать не рекомендуется (табл. 5).

Таблица 5 – Градация уровней надежности тестов

Значение коэффициентов	Надежность
0,99-0,95	Отличная
0,94-0,90	Хорошая
0,89-0,80	Средняя
0,79-0,70	Приемлемая
0,69-0,60	Низкая

При анализе надежности теста выделяют две ее разновидности: воспроизводимость и объективность.

Для проверки надежности тестирования проводят повторный тест, который называется –ретест. Методом повторного испытания проверяется воспроизводимость результатов тестирования.

Объективностью теста называют степень независимости получаемых результатов от личных качеств человека, проводящего тестирование. Чем

процедура тестирования проще, тем большая объективность тестирования может быть получена. И наоборот, объективность тестирования снижается при повышении требований к квалификации человека, проводящего тестирование.

Говоря о надежности тестов, различают их стабильность, согласованность, эквивалентность.

Под стабильностью теста понимают воспроизводимость результатов при его повторении через определенное время в одинаковых условиях. Стабильность теста зависит от следующих компонентов: вида теста; контингента испытуемых; временного интервала между тестом и ретестом.

По данным В.М. Зациорского, например, морфологические характеристики при небольших временных интервалах весьма стабильны; наименьшую стабильность имеют тесты на точность движения (броски в цель). У взрослых результаты тестирования более стабильны, чем у детей; спортсменов – более стабильны, чем у не занимающихся спортом. С увеличением временного интервала между тестом и ретестом стабильность теста снижается [16].

Согласованность теста характеризуется независимостью результатов тестирования от личных качеств лица, проводящего или оценивающего тест[16, 6]. Если результаты спортсменов в тесте, который проводят разные специалисты (эксперты, судьи), совпадают, то это свидетельствует о высокой степени согласованности теста. Это свойство зависит от совпадения методик тестирования у разных специалистов. Когда создается новый тест, обязательно нужно проверить его на согласованность. Делается это так: разрабатывается унифицированная методика проведения теста, а потом два или более специалиста по очереди в стандартных условиях тестируют одних и тех же спортсменов [6, 1]. Особенно актуальна задача оценки согласованности при количественном определении качественных показателей [16].

Эквивалентность теста – способность теста показывать один и тот же результат при использовании разных тестовых заданий [12]. Одно и то же двигательное качество (способность, сторону подготовленности) можно измерить с помощью нескольких тестов. Например, максимальную скорость – по результатам пробегания с ходу отрезков в 10, 20 или 30 м. Силовую выносливость – по числу подтягиваний на перекладине, отжиманий в упоре, количествуподъемов штанги в положении лежа на спине и т.д. [6].В таких случаях может использоваться так называемый метод параллельных форм, когда спортсменам предлагают выполнить две разновидности одного и того же теста и затем оценивают степень совпадения результатов [16]. Схема тестирования здесь следующего вида (рис. 9).

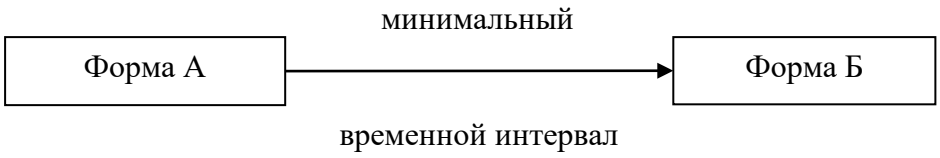

Рис. 9. Схема тестирования в методе параллельных форм

Если результаты оценок совпадают (например, лучшие в подтягивании оказываются лучшими и в отжимании), то это свидетельствует об эквивалентности тестов. Коэффициент эквивалентности определяется с помощью корреляционного или дисперсионного анализа. Применение эквивалентных тестов повышает надежность оценки контролируемых свойств моторики спортсменов. Поэтому если нужно провести углубленное обследование, то лучше применить несколько эквивалентных тестов. Такой комплекс называется гомогенным. Во всех остальных случаях лучше использовать гетерогенные комплексы: они состоят из неэквивалентных тестов. Не существует универсальных гомогенных или гетерогенных комплексов. Так, например, для слабо подготовленных людей такой комплекс как бег на 100 и 800 м, прыжок в длину с места, подтягивание на

перекладине, будет гомогенным. Для спортсменов высокой квалификации он может оказаться гетерогенным.

До определенной степени надежность тестов может быть повышена путем:

- более строгой стандартизации тестирования;

- увеличения числа попыток;

- увеличения числа оценщиков (судей, экспертов) и повышения согласованности их мнения;

- увеличения числа эквивалентных тестов;

- лучшей мотивации испытуемых;

-метрологически обоснованного выбора технических средств измерений, обеспечивающих заданную точность измерений в процессе тестирования.

Таким образом, тестирование в спорте и физической культуре служит для организации количественного контроля. При этом необходимо иметь в виду, что контроль должен быть комплексным на основе использования батарей надежных и информативных тестов.

Информативность теста – это степень точности, с которой он измеряет свойство (качество, способность, характеристику и т. п.), для оценки которого используется [16]. В литературе до 1980 г. вместо термина «информативность» применялся адекватный ему термин «валидность». В настоящее время информативность подразделяют (классифицируют) на несколько видов [1]. Если тест используется для определения состояния спортсмена в момент обследования, то говорят о диагностической информативности. Если же на основе результатов тестирования хотят сделать вывод о возможных будущих показателях спортсмена, тест должен обладать прогностической информативностью. Тест может быть диагностически информативен, а прогностически нет, и наоборот [16].

Степень информативности может характеризоваться количественно на основе опытных данных (так называемая эмпирическая информативность) и

качественно – на основе содержательного анализа ситуации (содержательная, или логическая, информативность). В этом случае тест называют содержательно или логически информативным на основе мнений экспертов-специалистов [15].

Факторная информативность – одна из очень частых моделей теоретической информативности. Информативность тестов по отношению к скрытому критерию, который искусственно составляется из их результатов, определяется на основе показателей батареи тестов при помощи факторного анализа. Факторная информативность связана с понятием размерности тестов в том смысле, что число факторов вынужденно определяет и число скрытых критериев. При этом размерность тестов зависит не только от числа оцениваемых двигательных способностей, но и от остальных свойств моторного теста. Когда это влияние можно частично исключить, то факторная информативность остается подвижным модельным приближением теоретической или конструктной информативности, то есть валидности моторных тестов к двигательным способностям [15, 1].

Простую или сложную информативность различают по числу тестов, для которых выбран критерий, то есть для одного или двух и более тестов. С вопросами взаимного отношения простой и сложной информативности тесно связаны следующие три вида информативности. Чистая информативность выражает степень повышения сложной информативности батареи тестов, когда данный тест включают в батарею тестов более высокого порядка. Параморфная информативность выражает внутреннюю информативность теста в рамках прогноза одаренности к определенной деятельности. Она определяется специалистами-экспертами с учетом профессиональной оценки одаренности. Ее можно определить как скрытую (для специалистов – «интуитивную») информативность отдельных тестов. Очевидная информативность в значительной степени связана с содержательной и показывает, насколько очевидно содержание тестов для тестируемых лиц. Она связана с мотивацией испытуемых. Информативность внутренняя или

внешняя возникает в зависимости от того, определяется ли информативность теста на основе сравнения с результатами других тестов или на основе критерия, который по отношению к данной батарее тестов является внешним. Абсолютная информативность касается определения одного критерия в абсолютном понимании, без привлечения каких-либо других критериев. Дифференциальная информативность характеризует взаимные различия между двумя или более критериями. Например, при выборе спортивных талантов может встретиться ситуация, когда тестируемый проявляет способности к двум разным спортивным дисциплинам. При этом нужно решить вопрос, к какой из этих двух дисциплин он наиболее способен.

В соответствии с временным интервалом между измерением (тестированием) и определением результатов критерия различают два вида информативности – синхронную и диахронную [15]. Диахронная информативность, или информативность к неодновременным критериям, может иметь две формы. Одной из них является случай, когда критерий измеряется раньше, чем тест – ретроспективная информативность.

Если говорить об оценке подготовленностиспортсменов, то наиболее информативным показателем является результат в соревновательном упражнении. Однако он зависит от большого количества факторов, и один и тот же результат в соревновательном упражнении могут показывать люди, заметно отличающиеся друг от друга по структуре подготовленности. Например, спортсмен с отличной техникой плавания и относительно невысокой физической работоспособностью и спортсмен со средней техникой, но с высокой работоспособностью будут соревноваться одинаково успешно (при прочих равных условиях). Для выявления ведущих факторов, от которых зависит результат в соревновательном упражнении, и используются информативные тесты. Возникает вопрос, как узнать меру информативности каждого из них? Например, какие из перечисленных тестов информативны при оценке подготовленности теннисистов: время простой реакция, время реакции выбора, прыжок вверх с места, бег на 60 м? Для

ответа на эти вопросы необходимо знать методы определения информативности. Их два: логический (содержательный) и эмпирический.

Суть логического метода определения информативности заключается в качественном сопоставлении биомеханических, физиологических, психологических и других характеристик критерия и тестов. Простой пример, допустим, что мы хотим подобрать тесты для оценки подготовленности высококвалифицированных бегунов на 400 м. Расчеты показывают, что в этом упражнении при результате 45 секунд примерно 72% энергии поставляется за счет анаэробных механизмов энергопродукции и 28 % – за счет аэробных. Следовательно, наиболее информативными будут тесты, позволяющие выявить уровень и структуру анаэробных возможностей бегуна: бег на отрезках 200-300 м с максимальной скоростью, прыжки с ноги на ногу в максимальном темпе на дистанции 100-200 м, повторный бег на отрезках до 50 м, с очень короткими интервалами отдыха. Как показывают клинико-биохимические исследования, по результатам этих заданий можно судить о мощности и емкости анаэробных источников энергии и, следовательно, их можно использовать в качестве информативных тестов[15, 1].Чаще всего логический метод определения информативности используется в таких видах спорта, где нет четкого количественного критерия. Например, в спортивных играх логический анализ фрагментов игры позволяет вначале сконструировать специфический тест, а затем проверить его информативность.

Остальные тесты, содержательная информативность которых признана высокой, должны пройти дополнительную эмпирическую проверку,во время которой результаты теста сопоставляют с критерием. Эта процедура отражает суть эмпирического метода определения информативности тестов при наличии измеряемого критерия [6, 15]. В качестве критерия обычно используют: 1) результат в соревновательном упражнении; 2) наиболее значимые элементы соревновательных упражнений; 3) результаты тестов, информативность которых для спортсменов данной квалификации была

установлена ранее; 4) сумму очков, набранную спортсменом при выполнении комплекса тестов; 5) квалификацию спортсменов.

При использовании первых четырех критериев общая схема определения информативности теста такова:

1. Измеряются количественные значения критериев. Для этого необязательно проводить специальные соревнования. Можно, например, использовать результаты ранее прошедших соревнований. Важно только, чтобы соревнование и тестирование не были разделены длительным временным промежутком. Если в качестве критерия предполагается использовать какой-либо элемент соревновательного упражнения, необходимо, чтобы он был наиболее информативным.

Разберем методику определения информативности показателей соревновательного упражнения на следующем примере [15]. На чемпионате страны по лыжным гонкам на дистанции 15 км (на подъеме крутизной 7°) регистрировали длину шагов и скорость бега. Полученные значения сравнили с местом, занятым спортсменом на соревнованиях (табл. 6).

Таблица 6 – Соотношение между результатами в лыжной гонке на 15 км, длиной шагов и скоростью на подъеме

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

Визуальная оценка ранжированных рядов указывает, что высоких результатов на соревнованиях добились спортсмены с большей скоростью на подъеме и с большей длиной шага. Проведение корреляционного анализа подтверждает это: коэффициент корреляции между местом на соревнованиях и длиной шага r_{tt} = 0,88; между местом на соревнованиях и скоростью на

подъеме – 0,86. Следовательно, оба эти показателя обладают высокой информативностью. Необходимо отметить, что их значения также взаимосвязаны: коэффициент корреляции длины шага и скорости бега на подъеме r = 0,86. Значит, длина шага и скорость бега на подъеме – эквивалентные тесты, и для контроля соревновательной деятельности лыжников можно использовать любой из них.

2. Следующий шаг – проведение тестирования и оценка его результатов.

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

Ситуация эмпирического метода определения информативности тестов при отсутствии единичного критерия характерна для массовой физической культуры. В такой ситуации единичного критерия либо нет, либо форма его представления не позволяет использовать описанные выше методы для определения информативности тестов [6, 15]. Предположим, что нам необходимо составить комплекс тестов для контроля физической подготовленности студентов. С учетом того, что студентов в стране сотни тысяч и такой контроль должен быть массовым, к тестам предъявляются определенные требования: они должны быть просты по технике, выполняться в простейших условиях и иметь несложную и объективную систему измерений. Таких тестов сотни, но нужно выбрать наиболее информативные. Сделать это можно следующим способом: 1) отобрать несколько десятков тестов, содержательная информативность которых кажется бесспорной; 2) с их помощью оценить уровень развития физических качеств у группы студентов; 3) обработать полученные результаты на компьютере, используя для этого факторный анализ. В основе этого метода лежит положение о том, что результаты множества тестов зависят от сравнительно небольшого количества причин, которые для удобства названы

факторами. Например, результаты в прыжке в длину с места, метании гранаты, подтягивании, жиме штанги предельного веса, в беге на 100 и 5000 метров зависят от выносливости, силовых и скоростных качеств. Однако вклад этих качеств в результат каждого из упражнений неодинаков. Так, результат в беге на 100 м сильно зависит от скоростно-силовых качеств и немного – от выносливости, жим штанги – от максимальной силы, подтягивание – от силовой выносливости и т.д. Кроме того, результаты некоторых из этих тестов взаимосвязаны, так как в их основе лежит проявление одних и тех же качеств.

Факторный же анализ позволяет, во-первых, сгруппировать тесты, имеющие общую качественную основу, и, во-вторых (и это самое главное), определить их удельный вес в этой группе. Тесты с наибольшим факторным весом считаются самыми информативными [6, 15]. Пример использования такого подхода в отечественной практике представлен в работе В.М. Зациорского [16]. Было обследовано 108 студентов по 15 тестам. В результате факторного анализа выделились три наиболее важных для этой группы испытуемых фактора: 1) сила мышц верхних конечностей; 2) сила мышц нижних конечностей; 3) сила мышц брюшного пресса и сгибателей бедра.

По первому фактору наибольший вес имел тест – сгибание и разгибание рук в упоре лежа, по второму – прыжок в длину с места, по третьему – поднимание прямых ног в висе на перекладине и переходы в сед из положения лежа на спине в течение одной минуты. Эти четыре теста из 15 анализируемых и были наиболее информативными.

Таким образом, степень информативности одного и того же теста изменяется в зависимости от ряда влияющих на его проведение факторов.

Структура факторов, влияющих на степень информативности теста (рис. 10), представлена на схеме Ю.И. Смирнова, М.М. Полевщикова [15].

Рис. 10. Схема структуры факторов, влияющих на степень информативности теста

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

3.3. Классификация тестов. Педагогические, психологические, тесты достижений, индивидуально ориентированные, тесты интеллекта, специальных способностей

Анализ зарубежной и отечественной литературы показывает, что существуют различные подходы к проблеме классификации тестов. Первое, на чем надо остановиться, рассматривая классификацию тестов – это два подхода, которые в настоящее время сложились в тестировании – тесты, ориентированные на критерий (критериально-ориентированные) и тесты, ориентированные на норму (нормативно-ориентированные). Появившись как разные подходы к анализу результатов тестирования, отражающие разные

основания для сравнения, сейчас эти два подхода определяют разницу на большинстве этапов создания тестов [10].

Понимание критериальной и нормативной ориентированности как разных подходов к методологии интерпретации результатов тестирования мы находим в работе Ю.И. Смирнова и М.М. Полевщикова [15].

С точки зрения интерпретации результатов, авторами отмечается, что критериально-ориентированный тестпозволяет оценивать, в какой степени испытуемые овладели необходимым навыком, заданием (двигательным качеством, техникой движений и т.д.).

Для нормативно-ориентированной интерпретации вывод достраивается рейтингом.

Нормативно-ориентированный тестпозволяет сравнивать достижения (уровень подготовки) отдельных испытуемых друг с другом. Нормативно-ориентированные тесты используются для того, чтобы получить надежные и нормально распределенные баллы для сравнения тестируемых [15].

В зависимости от области применения существуют тесты: педагогические, психологические, достижений, индивидуально-ориентированные, интеллекта, специальных способностей и т.д. Таким, образом, тесты можно классифицировать по целому ряду оснований.

К настоящему времени сложилась практика организации различных видов тестирования, требующих соответственно разных тестов.

Заслуживающая внимания классификация тестов, исходя из типов, модальности и разновидности (рис. 11), представлена в работе В.Б. Коренберга [9].

Первый вариант деления автор представил по степени однородности задач: гомогенные и гетерогенные тесты.

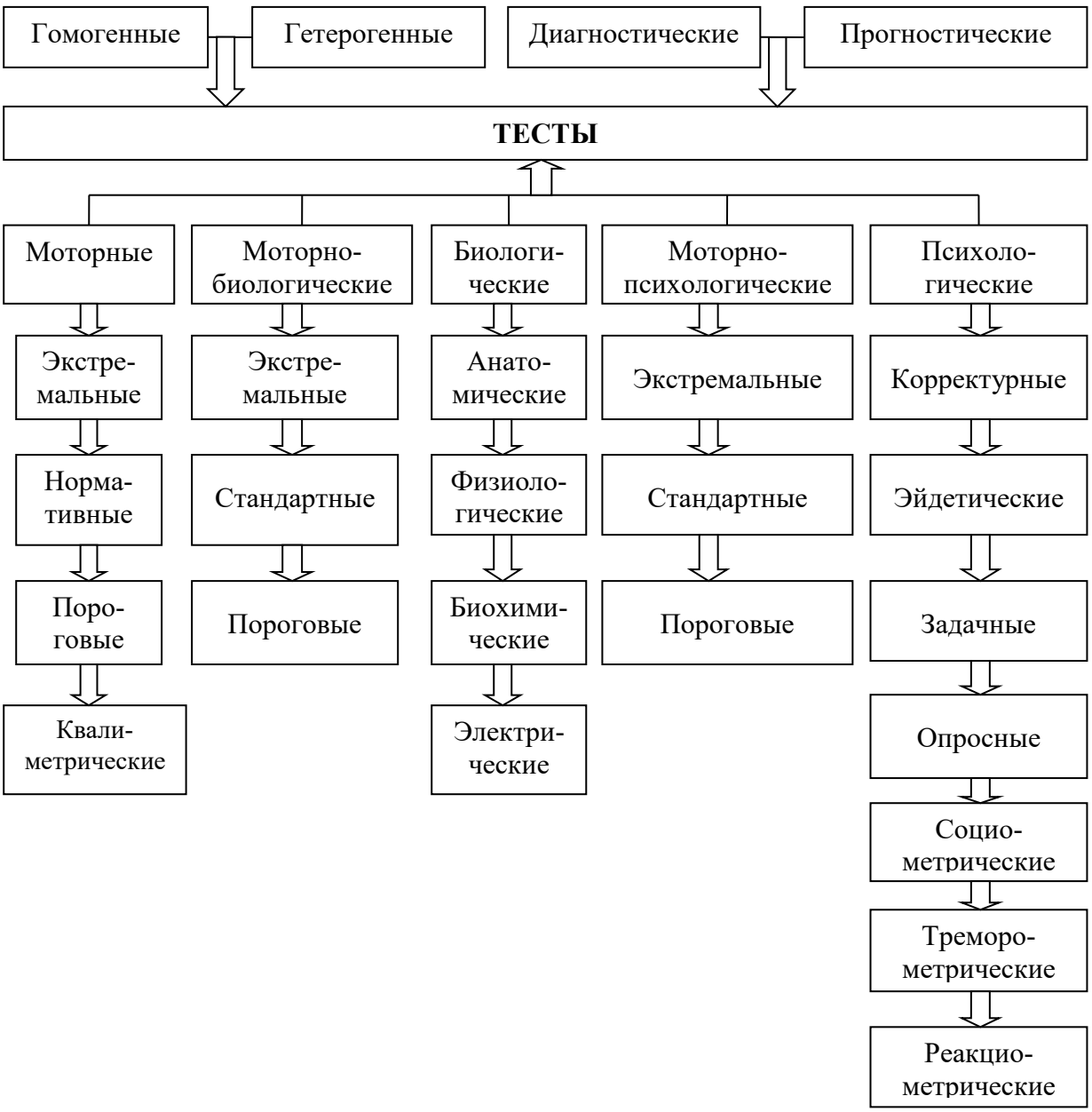

Рис. 11. Классификация тестов

Гомогенный тест – тест, результаты применения которого существенно зависят только от одного фактора, гетерогенный – если результаты его применения существенно зависят от двух или более факторов (нескольких несущественных факторов, от которых тоже, хотя и в небольшой степени, зависит результат). В обоих случаях, как указывает В.Б. Коренберг, нужно определить, какую долю результата, определяемую тем или иным фактором, считать существенной.

Гомогенные, имеют, как правило, одну шкалу, которые позволяют оценить одно свойство или качество личности, включают задачи, сходные по характеру, но различающиеся конкретным содержанием [10].

Гетерогенные (многомерные), имеющие несколько шкал, которые позволяют оценить разнообразные характеристики личности и включают задания, отличающиеся и по характеру, и по содержанию [10].

Второй вариант деления в классификации В.Б. Коренберга представлен диагностическими и прогностическими тестами.

Диагностический тест – тест, результаты применения которого позволяют определить (диагностировать) оперативное состояние объекта, не претендуя на прогнозирование его развития.

Прогностический тест позволяет по данным его применения строить прогноз развития объекта тестирования.

Третий вариант деления включает моторные (двигательные)тесты. В схеме классификации тестов (рис. 11) они представлены четырьмя видами.

К экстремальным (или максимальным)тестам относят те, применение которых требует предельных усилий, работы «до отказа». По мнению автора [9], к экстремальным следовало бы отнести и те тесты, реализация которых ведет к минимальным результатам, т.к. экстремум – это не только наибольшее, но и наименьшее значение.

К нормативным – те, которыми проверяется лишь способность испытуемого показать некоторый нормативный результат. Применение пороговых тестов позволяет сенсорно определить или двигательно обозначить минимальные параметры двигательной активности (сила, скорость, ускорение, изменение позы), различаемые испытуемым. Квалиметрические тесты не связаны с измерениями, их применение определяют качественные характеристики (например, техническую подготовленность, пластичность, экспрессивность, скупую выразительность движений и т.п.) тестируемого, представляя их в форме количественных

показателей (в очках, баллах) посредством квалиметрических процедур. Квалиметрическое тестирование широко применяется в практике спорта.

Моторно-биологические тесты объединены в три группы.

Экстремальные тесты основаны на определении биологических (физиологических, биохимических) сдвигов относительно индивидуальной нормы в относительном покое, являющихся результатом некоторой предельной нагрузки (либо полного покоя).

Сущность стандартных тестов в том, что испытуемый выполняет строго определенную (стандартную) моторную (двигательную, физическую) нагрузку, а фиксируются вызванные этим физиологические или биохимические сдвиги. Также автор обращает внимание на возможность другого варианта: задается величина физиологического сдвига и определяется мощность работы, при которой поддерживается заданная величина сдвига.

Пороговыми тестами определяются пороговые значения моторных (двигательных) проявлений, вызывающие минимальные биологические сдвиги.

Биологические тесты можно разделить на четыре группы.

Анатомические тесты (в их состав входят и гистологические) представляют собой способы определения параметров тела человека и его состава.

Применением физиологических тестов определяются индивидуальные уровень и особенности функционирования органов, систем и тканей тела, общая работоспособность человека, колебания его функционального состояния.

Биохимические тесты позволяют определить значения биохимических характеристик организма, указывающих на то или иное его состояние.

Электрические тесты предназначены для измерения электрических потенциалов скелетных мышц, сердца, мозга, сосудов, рефлекторных точек, а

также для измерения электрического сопротивления нужных фрагментов тела.

Моторно-психологические тесты объединяют в себе три группы: экстремальные, стандартные и пороговые.

Экстремальными тестами определяются психологические сдвиги в ответ на экстремальную (предельно высокую или предельно низкую) двигательную активность.

При выполнении стандартных тестов фиксируются психологические сдвиги в ответ на стандартную нагрузку.

Пороговыми тестами определяются минимальные двигательные проявления, вызывающие изменения психологических показателей.

Психологические тесты можно разделить на семь видов (рис. 11).

Корректурные тесты относятся к табличным: в предложенном тексте производятся поправки, зачеркивание определенных символов, подчеркивание ошибок; работа с корректурными таблицами и т.п.

Эйдетические тесты основаны на возникновении и отображении образов, косвенно характеризующих состояние, мотивацию, установки испытуемого.

Выполнение задачных тестов состоит из решения задач обычно за ограниченное время.

Опросные тесты состоят из вопросов, на которые нужно давать оцениваемые ответы. Время на ответы может быть ограничено для каждого ответа или для всей их совокупности либо не ограничено.

Социометрическими тестами определяют «психологический климат» в исследуемой группе, позиции ее членов, связи между ними.

Треморометрическими тестами определяют состояние человека по частоте и амплитуде тремора, чаще всего его конечностей, но можно исследовать и тремор головы или флуктуации (мелкие нецелевые колебания основной измеряемой величины) опорных реакций при сохранении устойчивости своего тела.

Реакциометрические тесты применяют для определения быстроты простой и сложной реакций наразличного типа раздражители.

По характеру применения тесты и их совокупности подразделяются на:

- разовые, применяемые один раз, без расчета на повторение через какое-то время;

- одиночные, применяемые не обязательно однократно, но вне связи с другими тестами;

- сквозные, применяемые регулярно, одиночно или в составе системы тестов;

- пакеты (группы) тестов: каждый пакет – совокупность тестов, применяемых как система, тестирование по всем этим тестам проводится как единое мероприятие;

- комплексы (комплекты) тестов: каждый комплекс есть некоторая совокупность тестов, тестирование по которым должно дать всю интересующую нас на данный момент информацию;

- батарей тестов: каждая батарея либо то же, что комплекс тестов, либо комплекс тестов, результаты тестирования по которому определенным образом сводятся в единую оценку.

Пакеты тестов, комплексы тестов и батареи тестов могут быть гомогенными и гетерогенными. Гомогенные составляются в основном из эквивалентных тестов (т.е. тестов, направленных на определение одного и того же признака или качества и потому применение6 которых дает однородные и близкие результаты).

В ходе этапного контроля, который проводят в конце каждого этапа тренировочного процесса, применяют большие батареи или комплексы тестов, в ходе текущего контроля тестирование целесообразно поводить периодически, применяя единичные тесты, а если комплексы или батареи, то небольшие – состоящие не более чем из четырех-шести тестов.

Приведенная классификация тестов не исчерпывает себя, является сугубо эмпирической, практически достаточно значимой, поскольку в

зависимости от широты предполагаемого использования зависит и уровень требований к качеству инструмента и этажность его разработки.

3.4. Двигательные тесты: контрольные упражнения, стандартные функциональные пробы, максимальные функциональные пробы

В основе тестов, используемых в физическом воспитании и спорте, лежат двигательные действия (физические упражнения, двигательные задания). Такие тесты называются двигательными, или моторными.Результатами их могут быть либо двигательные параметры (время прохождения дистанции, длительность движения Δt, число повторений n, пройденное расстояние S, и т.п.), либо физиологические и биохимические показатели [15, 1].

В настоящее время еще не существует единой классификации двигательных тестов.

В зависимости от содержания процедуры тестирования, формы и условий выполнения задания, которое стоит перед испытуемым спортсменом, различают три группы двигательных тестов:

1) контрольные упражнения;

2) стандартные функциональные пробы;

3) максимальные функциональные пробы.

Также от направленности на измерение одних и тех же или разных свойств моторики человека различают гомогенные и гетерогенные тесты.

Контрольные упражнения представляют собой специализированные и стандартизированные двигательные задания, при которых необходимо показать максимальный результат. Чаще всего, это – обычные физические упражнения, применяемые для оценки подготовленности спортсмена: бег на 100, 500, 1000, 3000 м, подтягивание на перекладине, сгибание рук в упоре лежа и т. д. Фиксируется показанный результат.

Стандартные функциональные пробы проводятся в виде одинакового для всех задания с дозированной по величине стандартной нагрузкой (работа на велоэргометре с определенной мощностью, бег на тредбане с заданной скоростью и углом подъема, глубокие приседания с определенной частотой и т.п.). Регистрируются физиологические и биомеханические показатели (ЧСС, частота дыхания, концентрация молочной кислоты в крови и т.п.). В связи с тем, что нагрузка в стандартных пробах не максимальна, они могут использоваться для оценки состояния здоровья недостаточно подготовленных или имеющих определенные заболевания людей. Например, проба Руфье-Диксона для оценки приспособляемости к физической нагрузке заключается в выполнении 30 глубоких приседаний за 50 секунд с регистрацией ЧСС до приседаний, сразу после их выполнения и через минуту отдыха.

Максимальные функциональные пробы так же, как контрольные упражнения, направлены на достижение максимального результата, но в них регистрируется не сам результат (время бега, пройденное расстояние и т.п.), а физиологические или биохимические показатели (максимальное потребление кислорода (МПК), порог анаэробного обмена и т.п.).

В спортивной практике при педагогическом контроле чаще используется не один, а несколько тестов, имеющих общую конечную цель(например, оценку какого-либо двигательного качества). Такую группу тестов, в которую могут входить как гомогенные, так и гетерогенные тесты, называют комплексом или батареей тестов.

Примером может служить комплекс тестов для оценки быстроты движений спортсмена. Известно, что быстрота движений рассматривается в трех аспектах: 1) быстрота одиночного, ненагруженного движения, 2) время двигательной реакции, 3) темп двигательных действий. Для всесторонней оценки быстроты движения можно измерить высоту вертикального прыжка по Абалакову, что будет показателем быстроты одиночного движения; определить время простой двигательной реакции (например, с помощью

специального компьютерного теста), измерить темп локального движения (компьютерный теппинг-тест) и величину темпа бега на месте. Получилась батарея из четырех тестов (табл. 7).

Таблица 7 – Батарея тестов для оценки двигательного качества быстроты движений в группе юных спортсменов на начальном этапе подготовки и через год систематических занятий футболом (M±σ)

Показатели	Начальный период тренировки	Через год тренировки
Вертикальный прыжок, см	26,7±0,4	30,9±0,5
Время реакции, мс	5,2±0,1	5,6±0,6
Теппинг-тест, $с^{-1}$	410±10	360±7
Темп бега на месте, $с^{-1}$	3,7±0,1	4,5±0,6

Одной из важных задач тестирования является оценка функционального состояния систем организма и уровня физической работоспособности (тренированности). Точное определение цели тестирования будет способствовать правильному подбору тестов. Соответственно, комплекс тестов должен включать в себя показатели, характеризующие такие двигательные качества обследуемых, от которых зависит успех в соревновательной деятельности. Также это необходимо учитывать и при определении количества испытаний по каждому из физических качеств. При определении функциональной подготовленности с помощью тестирования оценивается реакция отдельных систем и органов на определенные воздействия (характер, тип и выраженность этой реакции). При этом оценка результатов тестирования может быть как качественной, так и количественной.

Для оценки функционального состояния организма могут быть использованы различные функциональные тесты (пробы):

1. Пробы с дозированной физической нагрузкой: одно-, двух-, трех- и четырехмоментные.

2. Пробы с изменением положения тела в пространстве: ортостатическая, клиностатическая, клиноортостатическая.

3. Пробы с изменением внутригрудного и внутрибрюшного давления: проба с натуживанием (Вальсальвы).

4. Гипоксемические пробы: пробы с вдыханием смесей, содержащих различное соотношение кислорода и углекислоты, задержка дыхания и другие.

5. Фармакологические, алиментарные, температурные и др.

Помимо этих функциональных тестов общего характера применяются также специфические пробы с нагрузкой, характерной для каждого вида двигательной деятельности, например, 12-минутный бег по Куперу.

Точность результатов тестирования оценивается на другой основе по сравнению с точностью измерений [1]. Если при оценкеточности измерения результат измерения сопоставляют с результатом, полученным более точным методом или прибором, топри тестировании возможность сравнения полученных результатов с более точными методами чаще всего отсутствует. Поэтому приходится проверять не результаты тестирования, а качество теста. Проверку необходимо проводить еще до начала тестирования.

Вопросы для самоконтроля

Что называется тестом?

Что такое тестирование?

Какие подходы к тестированию как к научному методу выделяют и в чем их суть?

Каковы метрологические требования предъявляются к тестам?

Какие тесты называются аутентичными?

Что называется надежностью теста?

Каковы причины, вызывающие вариацию результатов при повторном тестировании?

В чем отличие внутриклассовой вариации от межклассовой?

Как практически определить надежность теста?

Что понимают под воспроизводимостью и объективностью теста?

Что вносит погрешность в результаты тестирования?

Что понимают под стабильностью теста?

От чего зависит стабильность теста?

Чем характеризуется согласованность теста?

Какие тесты называются эквивалентными?

Какие существуют пути повышения надежности тестов.

Что понимают под информативностью теста?

В чем разница между нормативно-ориентированным и критериально-ориентированным тестом?

Что такое гомогенный комплекс тестов?

Что такое гетерогенный комплекс тестов?

Как поступают при определении информативности тестов, когда отсутствует единичный критерий?

Какие существуют разновидности двигательных тестов?

Какие требования должны соблюдаться для стандартизации проведения тестирования?

ГЛАВА 4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОЦЕНОК

4.1. Проблема оценок. Основные понятия

Известно, что в практике контроля исключительно редкой бывает ситуация, когда для оценки подготовленности спортсменов применяется один тест [6, 12]. Как правило, любая программа комплексного контроля предполагает использование нескольких тестов. Например, комплекс ГТО, в состав которого входят бег на разные дистанции, плавание, бег на лыжах и т.д. Или комплекс для контроля подготовленности спортсменов: время бега

на тредбане, частота сердечных сокращений, максимальное потребление кислорода, максимальная сила, градиент силы и т.д.

Если для контроля используется один тест, то оценивать его результаты с помощью специальных методов нет необходимости: и так видно, кто сильнее и насколько. Если же тестов много и они измеряются в разных единицах (например, сила в кг или Н; время в с; МПК – в мл/кг·мин; ЧСС – в уд/мин и т.д.), то сравнивать достижения по абсолютным значениям показателей невозможно [6].

Возникает проблемная ситуация – проблема оценок, в которой показанные спортсменами результаты, в том числе и результаты тестов, во-первых, выражаются в разных единицах измерения и поэтому непосредственно не сопоставимы друг с другом; во-вторых, сами по себе не указывают, насколько удовлетворительно состояние спортсмена.

По мнению специалистов [16, 6], решить проблему можно лишь в том случае, если результаты тестирования, соревнования представить в виде оценок (очков, баллов, отметок, разрядов и т.п.).

Термином «оценка» обозначают как сам процесс оценивания, так и его результат. По мнению В.Б. Коренберга [9], путать эти процессы нельзя, т.к. общее требование к терминам – их однозначность. Поэтому для обозначения процесса присвоения объекту оценки логично в соответствии с правилами русского языка применять термин «оценивание».

Слово «оценка» тоже может обозначать разные понятия. В научно спортивной литературе термин «оценка» используется в том же смысле, что и в математической статистике: зафиксированное в опыте значение некоторой величины (параметра генеральной совокупности). Основоположники спортивной метрологии В.М. Зациоргский, М.А. Годик оценкой (или педагогической оценкой) называют унифицированную меру успеха в каком-либо задании, в частном случае – в тесте [16, 6].

В работе В.Б. Коренберга даны следующие определения [9].

Педагогическая оценка – унифицированная мера состояния или свойства человека (группы людей) либо успешности выполнения им (ими) задания, выраженная в педагогически значимой форме (в физических или условных единицах, словесно).

Педагогическое оценивание – процесс получения педагогической оценки, построенный с учетом особенностей ситуации.

Следует различать промежуточную и итоговую оценки.

Промежуточная оценка – те полученные измерениями, наблюдением, логическим анализом и выраженные в количественной (в очках, баллах, в условных единицах) или качественной (символически, графически, словесно) форме параметры, определение педагогического значения которых позволяет дать итоговую оценку. Промежуточную оценку, выражаемую очками, баллами, условными единицами, получают с применением тех или иных шкал оценок (оценочных шкал). Эти шкалы строят с учетом конкретных целей и требований педагогического процесса, и прежде всего критериев справедливости и эффективности.

Итоговая оценка должна преследовать и отражать педагогические цели, должна быть ориентирована на них.

Получение итоговой оценки на основе промежуточной связано с использованием норм и нормативов (сравнением с ними) и путем логического осмысления педагогической значимости итогового результата в конкретной ситуации. Итоговую оценку можно выразить словесно («удовлетворительно», «отлично», «превосходно», «здорово!», «не годится», «очень плохо» и и.п.) или символом, условно отображающим ее педагогическое содержание (0, 3, 5, 10, !, +, –, ?,) [9].

По своей направленности следует различать оценки состояния, учебные оценки, квалификационные оценки.Оценки состояния характеризуют человека или группы людей с точки зрения физиологического или психологического состояния организма, телосложения, двигательной подготовленности, спортивной формы, утомления. Учебные

оценкихарактеризуют меру успешности выполнения заданий (тестовых, тренировочных, соревновательных), опять-таки уровень подготовленности, знания. Квалификационные оценкинаправлены на определение статуса человека: присвоение разряда, звания, зачисление в команду на конкретные соревнования или в состав сборной команды, перевод на следующий год обучения.

По мнению В.М. Зациорского, нет большой разницы между учебными и квалификационными оценками, однако процедура квалификационного оценивания более сложна [16].

В полном, развернутом виде квалификационное оценивание проводят в два этапа. На первом показанные спортивные результаты переводят на основе так называемых шкал оценок в очки (промежуточная оценка), а на втором, после сравнения набранных очков с заранее установленными нормами, определяют итоговую оценку. Например, в многоборьях вначале результаты в отдельных видах переводят в очки, а затем, после сравнения их с нормами спортивной классификации, выводят итоговую оценку – присваивают спортивный разряд. Последовательность действий при оценивании можно рассмотреть из приведенной схемы В.М. Зациорского (рис. 12), в которую включены также этапы тестирования и измерения результатов теста.

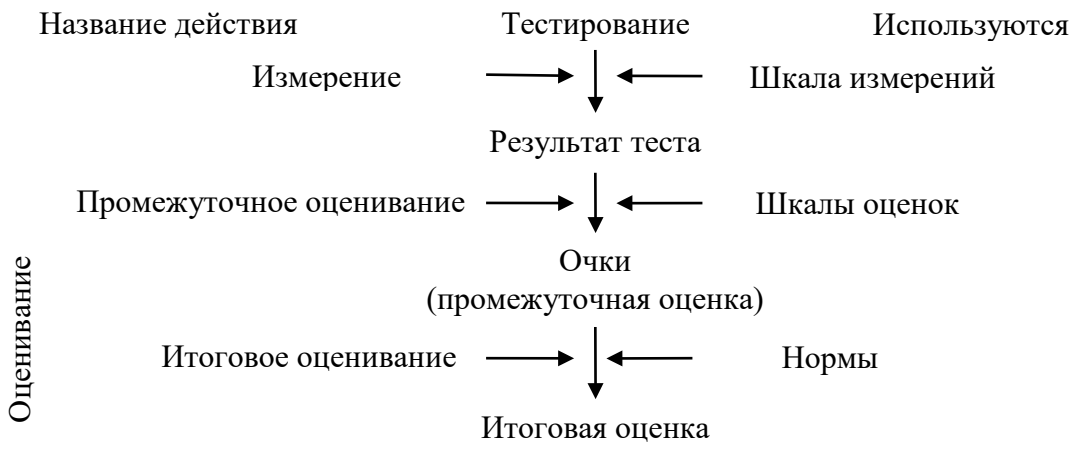

Рис. 12. Схема оценивания спортивных результатов и результатов тестов

Не во всех случаях оценивание происходит по такой развернутой схеме. Иногда промежуточное и итоговое оценивание сливаются [16, 9].

Справедливо замечание В.Б. Коренберга о том, что почти всегда формирование педагогической оценки сопряжено со значительной долей субъективного [9]. Применение теста, задачей которого максимально возможно объективизировать процесс оценивания, лишь иногда сводит элемент субъективности к незначительной величине. Поэтому в большинстве случаев, во-первых, необходимо хотя бы приблизительно определять сравнительную долю объективного и субъективного в процессе оценивания, а во-вторых – постараться, чтобы и субъективный компонент как можно лучше отображал реальность, действительную сущность оцениваемого объекта (вещественного объекта, материального или информационного процесса). У опытных специалистов субъективные, интуитивные представления и восприятия часто лишь незначительно отличаются от полученных объективными методами.

4.2. Оценивание, стадии оценивания, задачи. Факторы и критерии оценивания

Как было уже отмечено выше, процесс определения (выведения, расчета) оценок называется оцениванием [6]. Он состоит из следующих стадий:

1) подбирается шкала, с помощью которой возможен перевод результатов теста в оценки;

2) в соответствии с выбранной шкалой результаты теста преобразовываются в очки (баллы);

3) полученные очки сравниваются с нормами и выводится итоговая оценка. Она и характеризует уровень подготовленности спортсмена относительно других членов группы (команды, коллектива).

Задачи, которые решаются в ходе оценивания, многообразны [6, 9]. Среди них можно выделить основные:

1) по результатам оценивания необходимо сопоставить разные достижения в соревновательных упражнениях. На базе этого можно создать научно обоснованные разрядные нормы в видах спорта. Следствием заниженных норм является увеличение числа разрядников, недостойных этого звания. Завышенные же нормы становятся для многих недостижимыми и вынуждают людей прекращать занятия спортом;

2) сопоставление достижений в разных видах спорта позволяет решить задачу равенства и их разрядных норм (несправедлива ситуация, если, предположим, в волейболе легко выполнить норму I разряда, а в легкой атлетике – трудно);

3) необходимо классифицировать множество тестов по результатам, которые показывает в них конкретный спортсмен;

4) следует установить структуру тренированности каждого из спортсменов, подвергшихся тестированию.

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[6]. При выборе критериев следует иметь в виду такие вопросы: 1) какие результаты должны быть положены в нулевую точку шкалы? и 2) как оценивать промежуточные и максимальные достижения?

В работе М.А. Годика указывается на целесообразность использования следующих критериев [6]:

1. Равенство временных интервалов, необходимых для достижения результатов, соответствующих одинаковым разрядам в разных видах спорта. Естественно, что 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 мировых рекордов в разных видах спорта.

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

Согласно В.М. Зациорскому в основе оценки могут лежать две группы критериев [16]. Оценка должна:

1. Быть справедливой, т.е. оценивать достижения: а) равной трудности (эквивалентные) равным числом очков и б) неравной трудности – тем большим числом очков, чем выше трудность достижений.

2. Приводить к практически полезным результатам.

Оценивание в физическом воспитании и спорте, как отмечает В.Б. Коренберг [9], далеко не всегда простой и ясный процесс, нередко (если нас не удовлетворяет поверхностное, грубо приблизительное и не очень достоверное или неуместное оценивание) это трудно разрешимая проблема. Автор, предлагает рассмотреть, какие факторы и критерии следует учитывать, проводя оценивание, а также то, как их учитывать.

При оценивании важно учесть состояние исполнителя (этап подготовки, уровень утомления, давно ли болел и какова была болезнь, эмоциональное состояние, обоснованный уровень мотивированности), условия, в которых осуществляется тестовое или спортивное двигательное задание, (качество спортивного сооружения, оборудования, инвентаря; освещенность, влажность воздуха, температура воздуха или воды, ветер, течение, расположение спортсмена относительно солнца; время дня); индивидуальные особенности режима спортсмена, у женщин и циклический фактор.

К числу весомых факторов следует отнести особенности судей, поведение зрителей, психологическую атмосферу в команде, непосредственно предыдущий (предыдущие) результаты.

Так что при выведении итоговой оценки есть над чем подумать, ошибочная оценка порой может повлечь за собой непредсказуемо серьезные отрицательные результаты [9].

Любое педагогическое оценивание нужно проводить, руководствуясь 2 парными (требующими совместного рассмотрения) и далеко не всегда хорошо совместимыми критериями: а)критерием справедливостии б)критерием эффективности. Подчеркнем: эту пару критериев следует рассматривать применительно к факторам самого различного типа, соблюдая каждый раз разумный, оправданный ситуацией баланс между ними. С ними связаны и 2 (две) другие пары критериев:

1) критерииинформативностиимотивированности,

2) критерииобъективностиисубъективности.

Например, можно говорить о двух функциях педагогической оценки: а)информационной(информирующей), б)мотивационной(мотивирующей). Обе нужно разумно сбалансировать по названным критериям, выводя оценку. Поскольку информация, даваемая справедливой (по мнению оценивающего) оценкой, конечно очень нужна, но иногда она может принести не пользу, а вред. Так, далеко не всегда следует способному, но ленивому ученику, ставить высокие оценки, они даются ему без труда и потому отнюдь не стимулирует его трудолюбие и настойчивость, из-за чего он будет совершенствоваться медленнее, чем мог бы. «Несправедливое» снижение оценки под благовидным предлогом (например: «хотя ты выполнил задание лучше других, но твои результаты растут медленнее, чем у других») будет стимулировать трудолюбие, такая оценка окажется эффективнее. И наоборот: занимающийся старается, но по тем или иным причинам совершенствование происходит медленнее, чем у других; низкие оценки могу отбить желание тренироваться. Нужно найти способ как-то обосновать повышение ему оценки. Такой подход к оцениванию несправедлив, но – педагогически эффективен.

Следует иметь в виду и то, что абсолютной справедливости нет и быть не может, она всегда в той или иной мере позиционна, отражает видение реальности конкретным субъектом, а значит субъективна в своей основе, отражая систему взглядов и интересы субъекта[9]. Конечно, он может стараться отражать не свои личные взгляды, а некоторые взгляды, принятые в том контингенте, в состав которого он входит. Но ведь и эти взгляды субъективны по свое природе.

Можно применить и такой педагогический прием: тренер «для служебного пользования» вычисляет оценки, полностью отвечающие критерию справедливости, а ученикам сообщает другие оценки, соответствующие некоторому балансу критериев справедливости и эффективности. Аналогично тренер для себя использует информативную функцию оценок, а для учеников выводит другие оценки с учетом их мотивационной функции.

Непросто и со связью критериев справедливости и эффективности с критериями объективности и субъективности. Например, нередко для оптимизации психологического состояния спортсмена целесообразно оценивать ту или иную его, партнеров или противников активность, объект, ситуацию не максимально объективно, а с большей или меньшей (в зависимости от обстоятельств) долей субъективности, ориентированной на характер субъективных восприятий этих оценок спортсменом-адресатом.

Различный баланс критериев справедливости и эффективности отображается некоторыми типами оценочных шкал: пропорциональной, прогрессирующей, регрессирующей, S-образной.

4.3. Таблица очков по видам спорта. Шкалы оценок, их типы. Нормы

Во многих видах спорта (и прежде всего циклических) существуют официальные таблицы очков. Они предназначены для оценки результатов соревнований: очки, начисляемые в каждом виде, суммируются и

рассматриваются как итог общекомандной борьбы. По данным М.А. Годика [6] общая схема построения этих таблиц следующая: лучший результат на данное время (это, как правило, мировой рекорд) приравнивается к максимальной сумме очков – 1000 или 1200. Это верхняя «опорная» точка. Значение нижней «опорной» точки подбирается по результатам тестирования людей, только приступивших к занятиям видом спорта. Оно приравнивается к 100 очкам. Этот начальный момент, как видно из объяснения, не представляет никаких трудностей. Последующие же – выбор шкалы и установление межклассовых интервалов – пока научно не обоснованы, и здесь допускается определенный субъективизм. В одних видах спорта выбирают преимущественно пропорциональную шкалу, в других – прогрессирующую. Это создает значительные трудности для оценки эквивалентных достижений в разных видах спорта [6].

Анализ таблиц очков по некоторым видам спорта позволяет внести ряд понятий, необходимых при дальнейшем изучении курса спортивной метрологии [16].

Цель любой подобной таблицы – преобразование показанного спортивного результата (выраженного в объективных мерах: килограммах, секундах и т.п., занятом месте или числе и значимости побед) в условные очки. Преобразование результатов в оценки нужно проводить с помощью специальных шкал [9].

Закон преобразования спортивных результатов в очки называется шкалой оценок [16, 15]. Шкалы могут быть представлены в алгебраической, графической или табличной форме.

В физической культуре и спорте принято выделять четыре основных типа шкал оценок [16, 9, 15, 12].

Первый тип – пропорциональная шкала (рис. 13). При ее использовании равные приросты результатов в тесте поощряются равными приростами в баллах. В этой шкале, уменьшение времени бега на 0,1 секунды оценивается в 20 очков. Их получит спортсмен, пробежавший 100 м за 12,8 с,

и пробежавший эту же дистанцию за 12,7 с, и спортсмен, улучшивший свой результат с 12,1 до 12 с. Пропорциональные шкалы приняты в современном пятиборье, конькобежном спорте, гонках на лыжах, лыжном двоеборье, биатлоне и других видах спорта.

Рис. 13. Пропорциональная шкала

Второй тип – прогрессирующая шкала (рис. 14). Здесь, равные приросты результатов оцениваются по-разному. Чем выше абсолютные приросты, тем больше прибавка в оценке. Так, за улучшение результата в беге на 100 м с 12,8 до 12,7 секунд дается 20 очков, с 12,7 до 12,6 секунд – 30 очков. Прогрессирующие шкалы применяются в плавании, отдельных видах легкой атлетики, тяжелой атлетике.

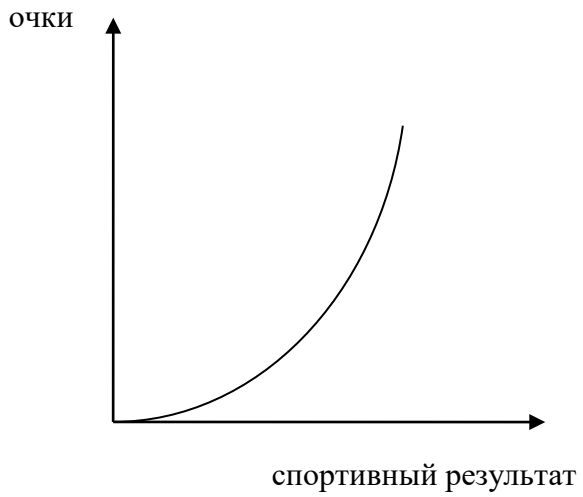

Рис. 14. Прогрессирующая шкала

Третий тип – регрессирующая шкала (рис. 15). В этой шкале, как и предыдущей, равные приросты результатов в тестах также оцениваются по-разному, но чем выше абсолютные прирост, тем меньше прибавка в оценке. Так, за улучшение результата беге на 100 м с 12,8 до 12,7 с дается 20 очков, с 12,7 до 12,6 с – 18 очков с 12,1 до 12,0 с – 4 очка. Шкалы такого типа приняты в некоторых видах легкоатлетических прыжков и метаний.

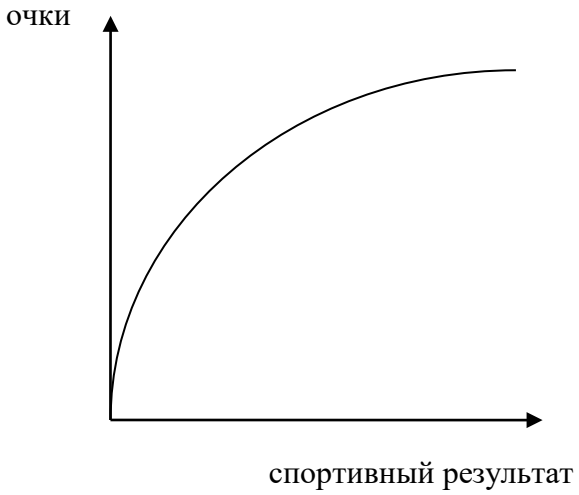

Рис. 15. Регрессирующая шкала

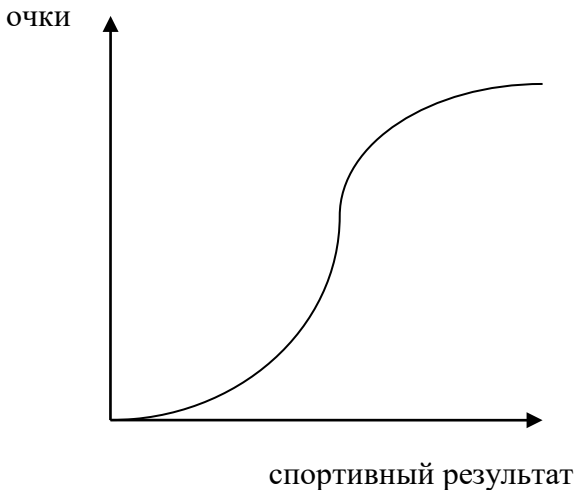

Рис. 16. Сигмовидная шкала

Четвертый тип – сигмовидная (или S-образная) шкала (рис. 16). Здесь выше всего оцениваются приросты в средней зоне, а улучшение очень низких или очень высоких результатов поощряется слабо. Так, за улучшение результата с 12,8 до 12,7секунд и с 12,1 до 12,0 секунд начисляется по 10

очков, а с 12,5 до 12,4 секунд – 30 очков. В спорте такие шкалы не используются, но они применяются при оценке физической подготовленности. Например, так выглядит шкала стандартов физической подготовленности населения США.

Каждая из этих шкал имеет как свои достоинства, так и недостатки. Устранить последние и усилить первые можно, правильно применяя ту или иную шкалу. Рассмотрим примеры использования шкал оценок предложенные М.А. Годиком [6].

Пример первый. Известно, что разносторонне физически подготовленным человеком считается тот, кто хорошо бегает, плавает, прыгает, подтягивается и т.д. Оценка результатов в беге, плавании, прыжках, подтягивании должна не только объективно отражать уровень подготовленности, но и настроить человека на совершенствование своей физической подготовленности. Она может проводиться с помощью следующих шкал:

- сигмовидной, в этом случае, чтобы получить максимально возможную сумму баллов в комплексе тестов, нужно показывать в каждом из них средние результаты. Если же в одном-двух тестах результаты будут предельные, а в остальных низкие, суммарная оценка уменьшится. При такой шкале оценок нельзя иметь низкие результаты в каких-либо тестах – они будут резко снижать сумму баллов. У этой шкалы есть недостаток. Если человек много занимался и показывает высокие результаты во всех тестах, то оценка перестает стимулировать его работу: достижения в тестах растут гораздо быстрее, чем оценки за них;

- пропорциональной, в этой шкале нет предыдущего недостатка. Стимул получить большую оценку за более высокий результат сохраняется во всем диапазоне достижений. Плохо в этой шкале то, что например, низкие результаты в плавании, можно компенсировать высокими в беге. В этом случае говорить о разносторонней физической подготовленности не приходится.

Пример второй. На универсиадах ставится цель – поощрить те университеты, где хорошо налажена работа по подготовке мастеров спорта. В этом случае необходима прогрессирующая шкала, и тогда спортсмен, установивший рекорд, принесет университету больше очков, чем несколько мастеров спорта – зачетников. Этот же критерий, но примененный к оценкам результатов первенства университета будет неэффективным: десятки студентов разрядников (основной контингент участников) принесут меньше очков, чем один выдающийся спортсмен. Такое положение может отрицательно сказаться на массовости студенческих соревнований.

Пример третий. Спортивные многоборья создавались как виды, в которых нужно показывать высокие результаты в разных спортивных упражнениях. Оценивать достижения здесь лучше всего по регрессирующей шкале, и вот почему. Пока результаты во всех видах невысоки, приросты в баллах значительны. На уровне высшего спортивного мастерства регрессирующая шкала будет стимулировать тренировочную работу в отстающих видах: недобор очков в них оказывается большим, чем дополнительные очки за очень высокие достижения в одном-двух видах многоборья.

При использовании прогрессирующих или регрессирующих шкал наиболее важным является определение коэффициента прогрессирования (регрессирования). Универсальных рекомендаций здесь нет, и определение значений коэффициентов проводится для каждого конкретного случая экспертами [6].

Тренеры или специалисты в области спортивной тренировки для классификации спортсменов по каким-либо качествам (свойствам, способностям) используют официальные и неофициальные нормы.

Нормой в спортивной метрологии называется граничная величина результата теста, на основе которой производится классификация спортсменов [6, 16]. Есть официальные нормы: разрядные в ЕВСК, в комплексе ВФСК ГТО и др. Спортсменов можно делить на группы в

соответствии со спортивными разрядами, нормативами комплекса ГТО, степенью тренированности и т.п.

Существует три вида норм: а) сопоставительные; б) индивидуальные; в) должные.

Сопоставительные нормы устанавливаются после сравнения достижений людей, принадлежащих к одной и той же совокупности. Процедура определения сопоставительных норм следующая [6]:

1) выбирается совокупность людей (например, студенты гуманитарных вузов Москвы);

2) определяются их достижения в комплексе тестов;

3) определяются средние величины и стандартные (среднеквадратические) отклонения;

4) значение $\bar{x} \pm 0,5\sigma$ принимается за среднюю норму, а остальные градации (низкая – высокая, очень низкая – очень высокая) – в зависимости от коэффициента при σ. Например, значение результата в тесте свыше $\bar{x} + 2\sigma$ считается «очень высокой» нормой.

Реализация такого подхода приведена в таблице8.

Таблица 8 – Классификация мужчин по уровню работоспособности (по К.Куперу)

Градация	Уровень	МП, мл/кг/мин
1	Очень слабый	28,0 и менее
2	Слабый	28,1-34,0
3	Средний	34,1 - 42,0
4	Хороший	42,1- 52,0
5	Отличный	Свыше 52,1

Можно строить сопоставительные нормы непосредственно с помощью средних и стандартов. Например, если вводят 7 классификационных групп, то можно это сделать, опираясь на данные таблицы 9. Нормы такого рода

удобны тем, что сразу ясно, какому проценту лиц они посильны [16]. Такие нормы целесообразны, когда можно экспериментально зарегистрировать средние значения и стандартные отклонения результатов в той совокупности, для которой нормы вводятся.

Таблица 9 – Возможные градации оценок и норм

Оценка		Границы	% испытуемых	Нормы в шкалах оценок		
словесная	в баллах			*Z*	*T*	перцентильной
Очень низкая	1	Ниже $\bar{x} - 2\sigma$	2,27	-	-	-
Низкая	2	От $\bar{x} - 2\sigma$ до $\bar{x} - 1\sigma$	13,59	-2,0	30	2,5
Ниже среднего	3	От $\bar{x} - 1\sigma$ до $\bar{x} - 0{,}5\sigma$	14,99	-1,0	40	16
Средняя	4	От $\bar{x} - 0{,}5\sigma$ до $\bar{x}$ $0{,}5\sigma$	38,29	-0,5	45	31
Выше среднего	5	От $\bar{x}$ $0{,}5\sigma$ до $\bar{x}$ 1σ	14,99	+0,5	55	69
Высокая	6	От $\bar{x}$ 1σ до $\bar{x}$ 2σ	13,59	+1,0	60	84
Очень высокая	7	Выше $\bar{x}$ $+2\sigma$	2,27	+2,0	70	97,5

Примечание. Нормы в перцентильной шкале получаются как округленные суммы процента испытуемых, которым они недоступны.

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 [16].

Индивидуальные нормы основаны на сравнении показателей одного и того же спортсмена в разных состояниях. Эти нормы имеют исключительно важное значение для индивидуализации тренировки во всех видах спорта.

Необходимость их определения возникла вследствие существенных различий в структуре тренированности спортсменов [6].

Градация индивидуальных норм устанавливается с помощью тех же статистических процедур. За среднюю норму здесь можно принимать показатели тестов, соответствующие среднему результату в соревновательном упражнении. Индивидуальные нормы широко используются в текущем контроле [16].

Должные нормы устанавливаются на основании требований, которые предъявляют человеку условия жизни, профессия, необходимость подготовки к защите Родины. Поэтому во многих случаях они опережают действительные показатели.

В спортивной практике должные нормы устанавливаются так:

1)определяются информативные показатели подготовленности спортсмена;

2)измеряются результаты в соревновательном упражнении и соответствующие им достижения в тестах;

3) рассчитывается уравнение регрессии типа $y = kx + b$, где x – должный результат в тесте, а y – прогнозируемый результат в соревновательном упражнении. Должные результаты в тесте и являются должной нормой. Ее необходимо достичь, и только тогда можно будет показать запланированный в соревнованиях результат [6].

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

В практике физического воспитания наибольшее распространение получили возрастные нормы [16, 6]. Типичным примером являются нормы комплексной программы физического воспитания учащихся общеобразовательной школы, нормы комплекса ГТО и т.д. Большинство из этих норм составлялись традиционным способом: результаты тестирования в

различных возрастных группах обрабатывались с помощью стандартной шкалы, и на этой основе определялись нормы (табл. 10).

В таком подходе есть один существенный недостаток: ориентация на паспортный возраст человека не учитывает существенного влияния на любые показатели биологического возраста и размеров тела.

Таблица 10 – Двигательный возраст мальчиков по результатам прыжка в длину с разбега и метанию мяча (80 г)

Возраст, лет	Результаты, м	
	Прыжок	Метание мяча
7	1,98	18
8	2,27	23
9	2,54	25
10	2,76	29
И	3,00	33
12	3,23	36
13	3,42	39

В соответствии с данными (табл. 10) двигательный возраст, равный десяти годам, будет иметь мальчик любого паспортного возраста, прыгающий в длину с разбега на 2 м 76 см и метающий мяч на 29 м. Чаще, однако, бывает так, что по одному тесту (например, прыжку) мальчик опережает свой паспортный возраст на два-три года, а по другому (метанию) – на один год. В этом случае определяется средняя арифметическая по всем тестам, комплексно отражающая двигательный возраст ребенка.

Определение норм может проводиться также с учетом совместного влияния на результаты в тестах паспортного возраста, длины и массы тела. Проводится регрессионный анализ и составляется уравнение:

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

где y – должный результат в тесте; x_1 – паспортный возраст; x_2– длина и x_3 – масса тела.

На основании решений уравнений регрессии составляются номограммы, по которым легко определить должный результат [16, 6].

Таким образом, сопоставительные, индивидуальные и должные нормы имеют в своей основе сравнение результатов одного спортсмена с результатами других спортсменов, показателей одного и того же спортсмена в разные периоды и разных состояниях, имеющихся данных с должными величинами.

Нормы составляются для определенной группы людей и пригодны только для этой группы [6]. Например, по данным болгарских специалистов, норма в метании мяча массой 80 г для десятилетних детей, проживающих в Софии, – 28,7 м, в других городах – 30,3 м, в сельской местности – 31,6 м. Такая же ситуация и в нашей стране: нормы, разработанные в Прибалтике, не годятся для центра России и тем более для Средней Азии. Пригодность норм только для той совокупности, для которой они разработаны, называется релевантностью норм.

Опыт показывает, что у мальчиков 12 лет велики различия в длине тела: 130-170 см ($\bar{x}$ = 149 ± 9 см). Чем выше рост, тем больше, как правило, и длина ног. Поэтому в беге на 60 м при одной и той же частоте шагов высокие дети будут показывать меньшее время [15].

Показатели биологического (двигательного) возраста человека лишены недостатков, свойственных показателям паспортного возраста: их значения соответствуют среднему календарному возрасту людей (табл. 10).

Другая характеристика норм – репрезентативность. Она отражает их пригодность для оценки всех людей из генеральной совокупности (например, для оценки физического состояния всех первоклассников города Иркутска). Репрезентативными могут быть только нормы, полученные на типичном материале [6].

Характеристикой норм является и их современность. Известно, что результаты в соревновательных упражнениях и тестах постоянно растут и пользоваться нормами, разработанными давно, не рекомендуется [6, 15].

Некоторые нормы, установленные много лет назад, воспринимаются сейчас как наивные, хотя в свое время они отражали действительную ситуацию, характеризующую средний уровень физического состояния человека.

Следует выделить, что релевантность, репрезентативность и современность норм – обязательные условия их пригодности.

4.4. Стандартная шкала, перцентильная шкала, шкалы выбранных точек, параметричсекие шкалы, шкала ГЦОЛИФКа

В практике физического воспитания и спорта для оценок результатов тестирования используется несколько шкал.

Шкала, масштабом в которой служит стандартное (средние квадратическое) отклонение, называется стандартной. 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 [16].

Наиболее распространена среди стандартных шкал *T*-шкала.

При ее использовании средний результат приравнивается к 50 очкам, а стандарт – к 10 очкам, вся формула выглядит следующим образом:

$$T = 50 + 10 \cdot \frac{x_i - \overline{x}}{\sigma} = 50 + 10 \cdot Z,$$

где*T* – оценка результата в тесте; x_i – показанный результат; $\overline{x}$– средний результат; σ – 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 (проверьте

правильность этих вычислений). Приравнивание средней к 50, а стандарта к 10 очкам здесь произвольно [16].

В мировой практике используются и другие стандартные шкалы (табл. 11).

Таблица 11 – Некоторые стандартные шкалы

Название шкалы	Основная формула	Где и для чего используется
С-шкала	$C = 5 + 2Z$	При массовых обследованиях, когда не требуется большой точности
Шкала школьных отметок	$H = 3 - Z$	В ряде стран Европы
Шкала Бине	$B = 100 + 16 \cdot Z$	При психологических исследованиях интеллекта
Экзаменационная шкала	$E = 500 + 100Z$	В США при приеме в высшее учебное заведение

Стандартные шкалы являются пропорциональными. Они пригодны если распределение результатов теста близко к нормальному. Используя таблицы нормального распределения, легко узнать, какой процент лиц находится в том или ином диапазоне стандартной шкалы. Например, больше 50 и меньше 60 очков по *T*-шкале будут в среднем набирать 34% всех спортсменов.

Перцентильная шкала построена таким образом, что каждый спортсмен из группы получает за свой результат столько очков, сколько процентов участников он опередил [16, 15]. Таким образом, оценка победителя – 100 очков, оценка последнего – 0 очков. Перцентильная шкала наиболее пригодна для оценки результатов больших групп спортсменов. В таких группах статистическое распределение результатов нормальное (или почти нормальное). Это значит, что очень высокие и очень низкие результаты показывают единицы из группы, а средние – большинство.

Главное достоинство такой шкалы – простота, здесь не нужны формулы, а единственное, что нужно вычислить – какое количество результатов спортсменов укладывается в один перцентиль (или сколько

перцентилей приходится на одного человека. Перцентиль – это интервал шкалы. При 100 спортсменах в одном перцентиле – один результат; при 50 – один результат укладывается в два перцентиля (т.е. если спортсмен обошел 30 человек, он получает 60 очков) [9].

Перцентильные шкалы относятся к сигмовидным. Простота обработки результатов и наглядность перцентильной шкалы обусловили ее широкое применение в практике (рис. 17).

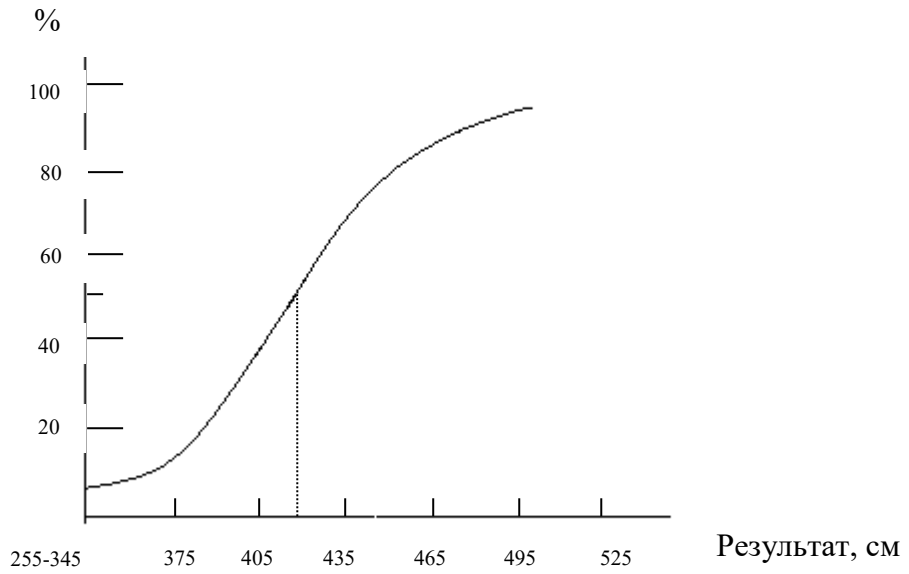

Рис. 17. Пример перцентильной шкалы, построенной по результатам тестирования студентов московских вузов в прыжках в длину (*n=4000*, данные Е.Я. Бондоревского):

по абсциссе – результат в прыжках в длину, по ординате – процент студентов, показавших результат, равный данному или лучше его (например, 50% студентов прыгают в длину на 420 см и дальше)

Шкала выбранных точек называется так, потому что в качестве одной точки в ней берется какой-нибудь высокий спортивный результат (например, мировой рекорд или 10-й результат в истории данного вида спорта) и

приравнивают его, скажем, к 1000 или 1200 очкам. Затем на основе результатов массовых испытаний определяют среднее достижение группы слабо подготовленных лиц и приравнивают его, скажем, к 100 очкам. После этого, если используется пропорциональная шкала, остается выполнить лишь арифметические вычисления – ведь две точки однозначно определяют прямую линию (рис. 18).

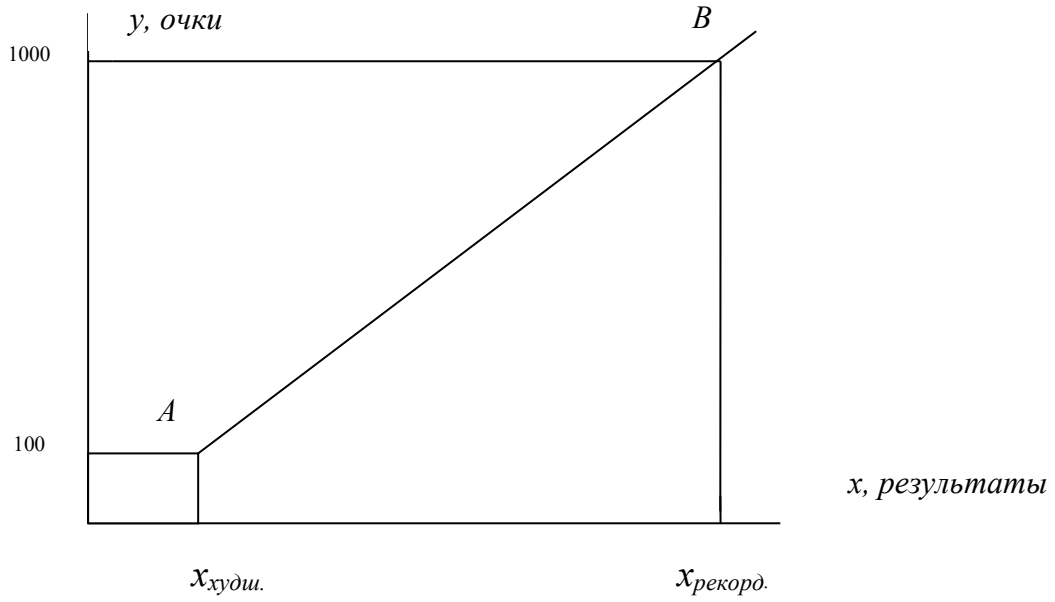

Рис 18. Шкала выбранных точек

В видах спорта циклического характера и в тяжелой атлетике результаты зависят от таких параметров, как длина дистанции и масса спортсмена. Эти зависимости называют параметрическими. Можно найти параметрические зависимости, которые являются геометрическим местом точек эквивалентных достижений. Шкалы, построенные на основе этих зависимостей, называются параметрическими и относятся к числу наиболее точных [16].

Рассмотренные выше шкалы используются для оценки результатов группы спортсменов, и цель их применения заключается в определении межиндивидуальныхразличий (в баллах) [6]. В практике спорта тренеры

постоянно сталкиваются с еще одной проблемой – необходимостью оценки результатов периодического тестирования одного и того же спортсмена в разные периоды цикла или этапа подготовки. Для этой цели лабораторией спортивной метрологии Государственного центрального Ордена Ленина института физической культуры, ныне РГУФК была разработана шкала, выраженная в формуле:

$$\text{Оценка в баллах} = 100 \times \left(1 - \frac{\text{лучший результат} - \text{оцениваемый результат}}{\text{лучший результат} - \text{худший резулььаь}}\right).$$

Смысл такого подхода заключается в том, что результат теста рассматривается не как отвлеченная величина, а во взаимосвязи с лучшим и худшим результатами, показанными в этом тесте спортсменом. Как видно из формулы, лучший результат всегда оценивается в 100 очков, худший – в 0 очков. Эта шкала получила название «шкала ГЦОЛИФКа». Ее целесообразно применять для оценки вариативных показателей.

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

Если $\text{Оценка в баллах} = 100 \times \left(1 - \frac{10{,}26 - 10{,}0}{10{,}26 - 9{,}37}\right) = 71 \text{ балл.}$

4.5. Оценка комплекса тестов

Специалистами спортивной метрологии выделяются три основных варианта оценки результатов тестирования спортсменов по комплексу тестов [16, 6, 15,9].

Первый вариант оценки заключается в выведении обобщенной оценки, которая информативно характеризует подготовленность спортсмена в соревнованиях. Это позволяет использовать ее для прогноза: рассчитывается уравнение регрессии, решив которое, можно предсказать результат в соревновании по сумме баллов за тестирование.

Однако просто суммировать результаты конкретного спортсмена по всем тестам не совсем правильно, так как сами тесты неравнозначны. Например, из двух тестов (времени реагирования на сигнал и времени удержания максимальной скорости бега) второй более важен для спринтера, чем первый. Эту важность (весомость) теста можно учитывать тремя способами:

1. Дается экспертная оценка. В этом случае специалисты договариваются, что одному из тестов (например, времени удержания V_{max}) приписывается коэффициент 2. И тогда очки, начисленные по этому тесту, вначале удваиваются, а затем суммируются с очками за время реакции.

2. Коэффициент каждому тесту устанавливается на основе факторного анализа. Он позволяет выделить показатели с большим или меньшим факторным весом.

3. Количественной мерой весомости теста может быть значение коэффициента корреляции, рассчитанного между его результатом и достижением в соревнованиях.

Во всех этих случаях полученные оценки называются «взвешенными».

Второй вариант оценки результатов комплексного контроля заключается в построении «профиля» спортсмена – графическую форму представления результатов тестирования (рис. 19).

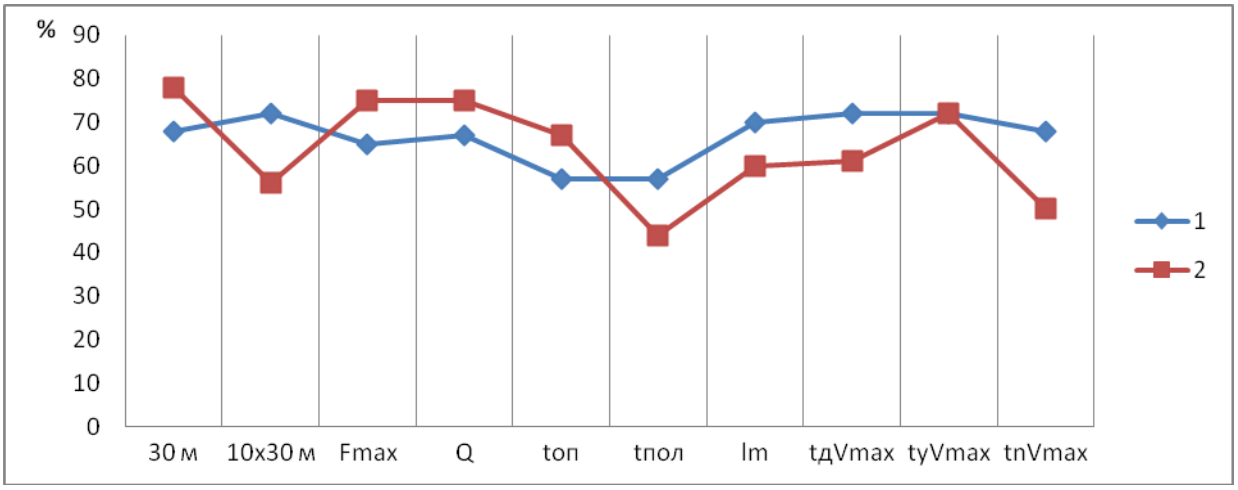

Рис. 19. Профили физической подготовленности двух спортсменов:

F_{max} – максимальная сила, Q– градиент силы, $t_{оп}$ – время опорной фазы бега, $t_{пол}$ – время полетной фазы бега, l_m–длина шага, $t_{д}V_{max}$–время достижения максимальной скорости в беге, $t_{у}V_{max}$ – время удержания максимальной скорости в беге, $t_{п}V_{max}$–время снижения скорости на финишном отрезке

Линии графиков наглядно отражают сильные и слабые стороны подготовленности спортсменов.

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

$$J_i = \frac{x_i}{\bar{x}} \text{ усл. ед,}$$

где J_i–индекс измеряемого показателя у конкретного спортсмена; x_i – абсолютное значение измеряемого показателя у конкретного спортсмена;$\bar{x}$ – средняя арифметическая для исследуемого признака.

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

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

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

Средний индекс по всем признакам служит интегральной оценкой результативности в тестах. В случаях, когда встречается разная модальность (знак «+» или «-») того или иного признака в тесте, то определение его

результативности осуществляется вычислением простой разности между индексом измеряемого показателя (I_i) у конкретного спортсмена и единицей (1). Например, чем меньше время пробегания дистанции на 60 м, тем лучше результат (1 – I_i).

Вопросы для самоконтроля

Что называется педагогической оценкой?

Что такое педагогическое оценивание?

По какой схеме происходит оценивание?

Какие задачи решаются оцениванием?

В чем сущность 2 основных функций (и соответствующих критериев) педагогической оценки: информирования и мотивирования?

В чем сущность критериев справедливости и эффективности?

Каковы этапы оценивания?

Что такое промежуточная и итоговая педагогическая оценка?

Какими способами можно перевести результаты тестирования в баллы?

Чем различаются учебные и квалификационные оценки?

Что такое шкала оценок?

Каковы особенности пропорциональной шкалы?

В чем отличия прогрессирующей шкалы от регрессирующей?

В каких случаях применяются сигмовидные шкалы оценок?

Что называется нормой в спортивной метрологии?

На чем основаны индивидуальные нормы?

Как устанавливаются должные нормы в спортивной практике?

Как составляются большинство возрастных норм?

В чем достоинство перцентильной шкалы?

Для чего могут использоваться шкалы выбранных точек?

Для каких целей используется шкала ГЦОЛИФКа?

Какие существуют варианты оценки результатов тестирования спортсменов по комплексу тестов?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев, В.В., Муравьев, А.В., Осетров, И.А., Михайлов, П.В. Спортивная метрология [Текст]: учебное пособие/ под ред. В.В. Афанасьева/ В.В. Афанасьев, А.М. Муравьев, И.А. Осетров, П.В. Михайлов. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2009 – 242с.

2. Афанасьев, В.Г. Мир живого [Текст]: системность, эволюция и управление/ В.Г. Афанасьев. – М.: Политиздат, 1986. – 334 с.

3. Большой энциклопедический словарь. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Большая российская энциклопедия»; СПб.: «Норинт», 1997. – С. 1252.

4. Волков, Н.И. Применение математической теории, планирования экспериментов для поиска оптимальной методики тренировки [Текст] /Н.И. Волков, В.М. Зациорский, Е.А. Разумовский, В.Н. Черемисинов // Теория и практика физической культуры. – 1968. – № 7.

5. Врублевский, Е.П. Спортивная метрология: методические рекомендации по проведению практических занятий [Текст]/ Е.П. Врублевский. – Пинск: ПолесГУ, 2015. – 63 с.

6. Годик, М.А. Спортивная метрология [Текст]: Учебник для институтов физ. культ./ М.А. Годик. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.

7. Железняк, Ю.Д. Основы научно-методической деятельности в физической культуре и спорте [Текст]: уч. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений/ Ю.Д. Железняк, П.К. Петров. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 264 с.

8. Зациорский, В.М. Основы спортивной метрологии [Текст]/ В.М. Зациорский. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 254 с.

9. Коренберг, В.Б. Спортивная метрология [Текст]: учебник/ В.Б. Коренберг. – М.: Физическая культура, 2008. – 368 с.

10. Майоров, А.Н. Теория и практика создания тестов для системы образования [Текст]: Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования/ А.Н. Майоров. – М.: «Интеллект-центр», 2001. – С. 15-45.

11. Матвеев, Л.П. Теория и методика физической культуры. Введение в предмет [Текст]: Учеб. для высших спец. физкультурных учебных заведений/ Л.П. Матвеев. 3-еизд. – СПб.: Изд-во «Лань», 2003. – С. 43 – 56.

12. Начинская, С.В. Спортивная метрология [Текст]: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ С.В. Начинская. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с.

13. Новик, И.Б. Кибернетика. Философские и социологические проблемы [Текст]/ И.Б. Новик. – М.: Госполитиздат, 1963. – 207 с.

14. Основы математической статистики: уч. пособие для ин-тов физ. культуры [Текст]/ под общ. Ред. В.С. Иванова. – М.: Физкультура и спорт, 1990. – 176 с.

15. Смирнов, Ю.И., Полевщиков, М.М. Спортивная метрология [Текст]: Учеб. для студ. пед. вузов/ Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 232 с.

16. Спортивная метрология [Текст]: Учеб. для ин-тов физ. культ. /Под ред. В.М. Зациорского. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 256 с.

17. Kennelly, A.E. Proc. Am. Acad. Arts and Science. – 1906. – V. 42. – № 15.