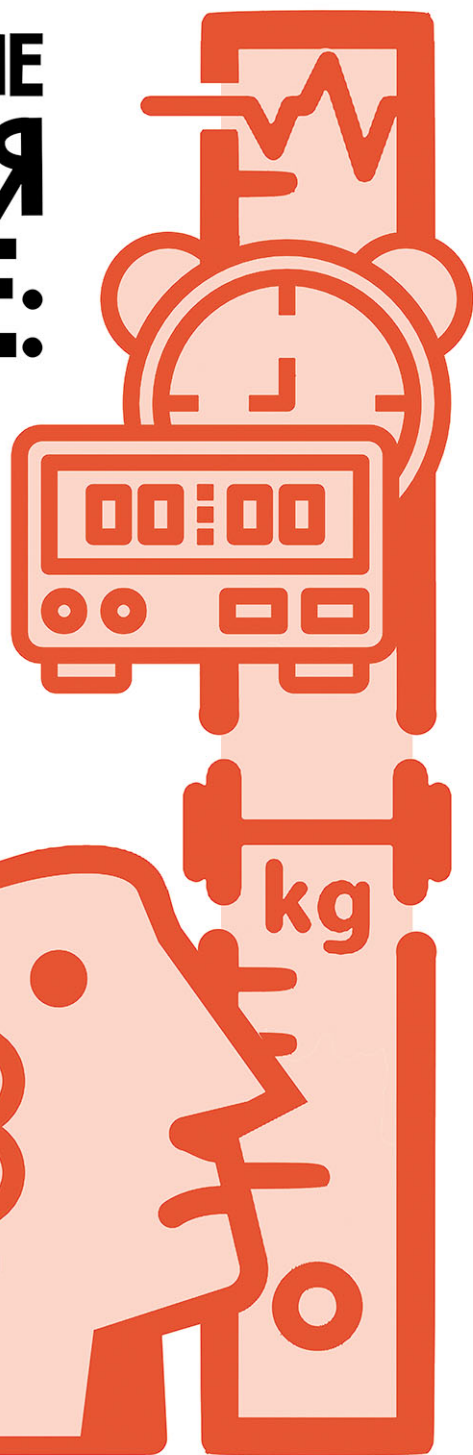


В.П. Губа, Г.И. Попов, В.В. Пресняков, М.С. Леонтьева

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В СПОРТЕ: МЕТОДЫ, АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ



УДК 796/799

ББК 75.1

Г93

Рецензенты:

***Неверкович С.Д.** – академик РАО, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой педагогики Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК);*

***Сенькина Г.Е.** – доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой информационных и образовательных технологий Смоленского государственного университета*

Губа В.П.

Г93 Педагогические измерения в спорте: методы, анализ и обработка результатов: монография / В.П. Губа, Г.И. Попов, В.В. Пресняков, М.С. Леонтьева – М.: «Спорт», 2020. – 324 с.

ISBN 978-5-907225-47-3

В монографии представлены актуальные методологические, организационно-методические и практические вопросы процесса измерений, вычислений; рассматриваются элементы тестирования человека, а также способы их математико-статистической обработки, встречающиеся в ходе педагогической и научной деятельности различного рода специалистов. Интегрируются и анализируются основные методы обработки данных, включая параметрический и непараметрический критерии, корреляционный, регрессионный, дисперсионный и факторный анализы, позволяющие дать объективную оценку всего процесса. Приведены необходимые теоретические сведения и формулы для расчета рейтинговых оценок, наиболее часто встречающихся в спортивно-педагогических исследованиях как одного человека, так и коллектива.

Монография предназначена для студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений, специалистов в области физического воспитания и спорта, тренеров, а также исследователей из смежных областей науки, применяющих в своей работе математико-статистические методы в целях эффективного решения практических задач.

© В.П. Губа, Г.И. Попов, В.В. Пресняков,
М.С. Леонтьева, 2020

ISBN 978-5-907225-47-3

© Издательство «Спорт», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Наука о педагогических измерениях	6
1.1. Основные понятия о науке и измерениях	6
1.2. Проблемы измерения в педагогической теории и практике	12
1.3. Параметры, измеряемые в спортивно-педагогических исследованиях	20
1.4. Общие понятия о системах единиц	23
1.5. Точность измерений	33
1.6. Шкалы измерений	46
Глава 2. Методы измерений в спортивно-педагогической теории и практике	50
2.1. Спортсмен как объект измерения	50
2.2. Тестирование в спорте	51
2.3. Оценка – как измеритель спортивных результатов.....	65
2.4. Измерение качественных показателей	81
2.5. Инструментальные методики измерений	96
2.6. Методы оценки физического развития	117
2.7. Методы оценки физической подготовленности спортсмена.....	122
Глава 3. Анализ и обработка результатов педагогического эксперимента	135
3.1. Погрешности измерений	135
3.2. Первичная обработка экспериментальных данных	137
3.3. Этапы педагогического эксперимента и статистическая обработка его результатов	141
3.4. Обработка данных с помощью компьютерных статистических программ	157

Глава 4. Проверка статистических гипотез	163
4.1. Применение непараметрических (ранговых) критериев	165
4.2. Сравнение двух независимых совокупностей по критерию Стьюдента	167
4.3. Сравнение двух выборочных средних для связанных выборок	173
4.4. Сравнение двух независимых выборок при помощи непараметрического критерия Вилкоксона	177
4.5. Критерий χ^2 для независимых выборок	180
Глава 5. Статистическая обработка данных	189
5.1. Корреляционный анализ.....	189
5.2. Регрессионный анализ	209
5.3. Дисперсионный анализ.....	220
5.4. Факторный анализ.....	247
Глава 6. Рейтинги и их оценки	259
6.1. Общее понятие о рейтингах	259
6.2. Основы составления рейтингов и их оценка	266
6.3. Разновидности применяемых рейтингов	282
Список литературы	291
Приложения	294

ГЛАВА 1.

НАУКА О ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О НАУКЕ И ИЗМЕРЕНИЯХ

Измерением какой-либо физической величины называется операция, в результате которой определяется, во сколько раз эта величина больше (или меньше) другой величины, принятой за эталон. Широкое распространение получило и такое определение: «Измерение – познавательный процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной величины с известной величиной, принятой за единицу сравнения».

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

Сравнение неизвестного размера с известным и выражение первого через второй в кратном или дольном отношении человеку приходится делать в жизни бесчисленное количество раз. Сравнивая мысленно высоту людей с представлением о единице длины в Международной системе, мы измеряем их рост на глаз с точностью до нескольких сантиметров. Некоторые из нас могут на глаз определить, с какой примерно скоростью движется автомобиль. Результаты таких измерений в значительной мере зависят от квалификации тех, кто их выполняет. Штангист, например, довольно точно может определить массу поднимаемой штанги. В этом случае информация о размерах тех или иных физических величин, доставляемая с помощью органов чувств, сравнивается с представлением о соответствующих единицах, и неизвестные размеры

выражаются через эти единицы в кратном или дольном отношении.

Измерения, основанные на использовании органов чувств человека (осязания, обоняния, зрения, слуха и вкуса), называются органолептическими. Измерение времени, например, или гравитации (космонавтами) основывается на ощущениях. Еще менее совершенные измерения строятся на впечатлениях. К ним относятся конкурсы мастеров искусств (скульпторов, художников, поэтов, композиторов), соревнования спортсменов по фигурному катанию, художественной гимнастике и т.п. Измерения, основанные на интуиции, называются эвристическими. При всех таких измерениях, кроме ранжирования (расстановки измеряемых величин в порядке возрастания или убывания их величин), 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 проводится на основании результатов попарного сопоставления.

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

Измерения, выполняемые с помощью специальных технических средств, называются *инструментальными*. Среди них могут быть автоматизированные и автоматические.

Автоматизированные измерения не исключают участия в них человека. Он может, например, проводить съем данных с отсчетного устройства измерительного прибора (шкалы со стрелкой или цифрового табло), вести их регистрацию в журнале и обрабатывать вручную или с помощью вычислительных машин. На качество этих операций влияет настроение человека, степень его сосредоточенности, серьезности, мера ответственности за порученное дело, уровень профессиональной подготовки, то есть элемент субъективизма при автоматизированных измерениях остается.

Автоматические измерения выполняются без участия человека. Результат их представляется в форме документа и является совершенно объективным.

В зависимости от способа получения результата измерения делятся на следующие виды: прямые измерения, косвенные измерения, совокупные измерения, совместные измерения.

Прямым измерением называется такое, при котором измеряется непосредственно интересующая нас величина. Прямые измерения выполняются при помощи измерительной аппаратуры, предназначенной для данной величины. Примерами прямых измерений являются измерение температуры – термометром, электрического напряжения – вольтметром, длины предмета – линейкой и т.п. Прямые измерения – основа более сложных видов измерений.

Косвенным измерением называется такое, результат которого находится на основании прямых измерений величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью. В качестве примера косвенных измерений можно указать на измерение мощности в цепях постоянного тока амперметром и вольтметром. 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 называются 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 измерения различают статистические, динамические и статические измерения.

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 прыжков в длину, дальность полета снаряда, вес ядра и т.д.).

По количеству измеряемой информации измерения бывают однократные и многократные.

Однократные измерения – это одно измерение одной величины, то есть 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.

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 на абсолютные и относительные.

Абсолютными измерениями называют такие, при которых используется прямое измерение одной (иногда нескольких) основной величины, и при этом в расчетах может использоваться одна или несколько физических констант, значения которых общеизвестны. Так, в известной формуле $P = m \times g$ масса m – основная физическая величина, которая может быть измерена прямым путем (взвешиванием), а ускорение свободного падения (g) – физическая константа.

Относительные измерения базируются на установлении отношения измеряемой величины к однородной, применяемой в качестве единицы. Понятно, что искомое числовое значение зависит от используемой единицы измерения.

В спортивной практике очень большая часть измерений производится с помощью электроизмерительных приборов. Поэтому необходимо сказать о том, что в зависимости от

способа использования мер различают следующие *методы измерений*:

- метод непосредственной оценки,
- методы сравнения.

Сущность *метода непосредственной оценки* заключается в том, что о значении измеряемой величины судят по показанию одного (прямые измерения) или нескольких (косвенные измерения) приборов, заранее проградуированных в единицах измеряемой величины или в единицах других величин, от которых зависит измеряемая величина. Простейшим примером метода непосредственной оценки может служить измерение какой-либо электрической величины – тока, напряжения, мощности, сопротивления и т.д. – одним прибором, шкала которого соответственно проградуирована в амперах, вольтах, ваттах, омах и т.д. В этих случаях о значении измеряемой величины судят по показанию прибора.

К *методам сравнения* относятся все те методы электрических измерений, при которых измеряемая величина сравнивается с мерой. Таким образом, отличительной чертой методов сравнения является непосредственное участие мер в процессе измерения.

Методы сравнения распадаются на три группы: нулевой метод, дифференциальный метод, метод совпадения.

Нулевой метод характеризуется применением методов уравнивания, посредством которых измеряемая величина сравнивается или прямо с мерой, или с известной электрической величиной, значение которой определяется мерой. Эффект, производимый измеряемой величиной, уравнивается эффектом, производимым известной величиной, таким образом, что при достижении равновесия наблюдается исчезновение определенного явления, например тока в участке цепи или напряжения на нем. Отсутствие тока или напряжения может быть отмечено с очень большой точностью, определяемой порогом чувствительности и стабильности служащих для этой цели приборов – гальванометров и других устройств. Вследствие этого, а также потому, что меры могут быть выполнены с большой точностью, получается и большая точность измерений, присущая нулевому методу.

В дифференциальном методе так же, как и в нулевом, измеряемая величина сравнивается непосредственно или косвенно с мерой либо с известной величиной, а о значении измеряемой величины в результате сравнения судят по разности одновременно производимых этими величинами эффектов. Таким образом, в дифференциальном методе происходит неполное уравнивание измеряемой величины, и в этом заключается отличие дифференциального метода от нулевого. Дифференциальный метод сочетает в себе часть признаков метода непосредственной оценки и часть признаков нулевого метода. Например, если разность этих двух величин равна 1% и измеряется с точностью до 1%, то тем самым точность измерения искомой величины повышается до 0,01%, если не учитывать погрешности меры (образцовой величины).

Метод совпадения – это такой метод, в котором о значении измеряемой величины судят по совпадению отметок или сигналов, относящихся к измеряемой и известной величинам. Этот метод широко применяется в практике неэлектрических измерений. Примером может служить измерение длины нониусом.

Можно осуществить измерения какой-либо величины x путем периодических измерений ее значений в некоторые моменты времени t_1 , t_2 и т.д. (рис. 1.1). В результате окажутся известными не все значения измеряемой величины, а лишь значения в выбранные моменты времени. Такие измерения называются дискретными.

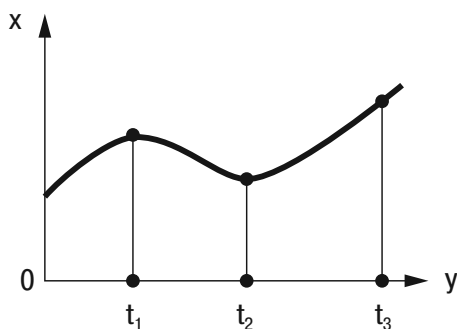


Рис. 1.1. Измерение величины x в некоторые моменты времени

1.2. ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ

В педагогической теории и практике для изучения, коррекции, планирования, прогнозирования образовательного процесса используются методы количественных и качественных измерений. Качество – это совокупность свойств, указывающих, что представляет собой предмет, чем он является. Количество определяет размеры, отождествляется с мерой, числом; качество традиционно раскрывается с помощью описания признаков.

Анализируя качество, педагог определяет, к какому классу уже известных явлений принадлежит данное и в чем его специфика. Затем устанавливает причинно-следственные зависимости между явлениями. Задача количественного анализа традиционно сводится к измерению и счету выявленных свойств.

Изучение педагогических явлений, как правило, начинается с качественного познания. Педагог постигает качественное своеобразие педагогических явлений и процессов, используя методы наблюдения, анализа, синтеза, обобщения, конкретизации и систематизации знаний о различных свойствах изучаемых объектов. Вместе с тем педагогическая практика требует выявления у одинаковых в целом педагогических объектов различных свойств и сравнения разнокачественных величин по общему свойству. Таким образом, возникает необходимость измерений и вычислений в педагогике.

В историческом ракурсе проблема качественного и количественного изучения учащихся рассматривалась в различных аспектах. Великий русский педагог К.Д. Ушинский писал: «Если педагогика хочет воспитывать человека во всех отношениях, то она должна прежде узнать его тоже во всех отношениях». Он советовал педагогам «изучать сколь возможно тщательно физическую и душевную природу человека вообще, изучать своих воспитанников и окружающие обстоятельства», вести «истории воспитания» каждого ученика. Его высказывания об изучении детей не утратили своей актуальности и для современной педагогики.

Целостному изучению и развитию ребенка в начале XX в. были посвящены исследования педологов. П.П. Блонский раскрывал *особенности* возраста и давал рекомендации по работе в каждом из периодов на *основе детального* изучения детей. С.Т. Шацкий также утверждал, что надо работать с детьми, все время их изучая.

Большое внимание проблемам педагогических измерений уделялось известными педагогами советского периода (А.С. Макаренко, В.А. Сухомлинский).

Вместе с тем, в силу своей гуманитарной специфики, отечественная *педагогическая* наука оставалась преимущественно на качественном уровне исследований. В ней хорошо просматривалась эмпирическая часть, отражающая богатейший материал наблюдений и экспериментов; представлены теоретические обобщения, завершающие систематизацию материала. Но практически незначительно был представлен аппарат исследований, характеризующий развитую науку, – математический.

Классические математические методы оказались не приспособленными для анализа явлений такой сложности, как педагогические. Преодолевается это препятствие двумя способами: с одной стороны, попытками представить явления в таком упрощенном виде, который доступен для анализа *традиционными* математическими методами, с другой – разработкой и *применением* новых способов формализованного описания. Появляясь, *новые методы* сразу привлекают к себе пристальное внимание специалистов.

Необходимо различать два основных направления в *использовании* количественных методов в педагогике: первое – для обработки результатов наблюдений и экспериментов, второе – для *моделирования*, диагностики, прогнозирования, компьютеризации *учебно-воспитательного* процесса. Методы первой группы хорошо известны и достаточно широко применяются. Здесь наиболее освоенными в *педагогической* науке являются статистические методы.

Статистические методы являются базовым инструментарием обработки данных измерений практически во всех областях научного знания. Наиболее широкое применение они получили в естественных науках, где возникла острая необходимость анализа

огромного массива эмпирических данных. В сочетании с методами планирования и моделирования эксперимента статистические методы позволяют выявлять объективные закономерности при проверке различных научных гипотез.

В гуманитарных науках, таких как педагогика и психология, статистические методы прочно утвердились тогда, когда эти науки стали активно использовать эксперимент в качестве метода научного исследования, где измерениям различных параметров, факторов, признаков отводится важная роль. Дополняя качественные представления о своем предмете формализованными обобщениями, педагогическая теория приобретает необходимую строгость и устойчивость.

Вместе с тем несостоятельными оказываются попытки формализовать буквально все элементы педагогического процесса. Например, разрабатывались методики оценки эффективности обучающих воздействий учителя на основе подсчета количества используемых технических средств *учения*, плакатов, раздаточного материала, демонстраций, количества учащихся, отвечающих у доски, общего числа правильных ответов учащихся, количества выполненных упражнений, решенных задач и т.д. И в зависимости от общего числа набранных баллов давалась оценка обучающей деятельности педагога. Не случайно, что такие механистические процедуры оценки работы учителей большинством из них не были приняты в качестве рабочих средств анализа урока, поскольку развивающий эффект урока связан прежде всего с внутренними психическими процессами школьника, которые невозможно оценить через внешние формы урока и которые далеко не всегда коррелируют с внешними педагогическими воздействиями.

И все же статистические методы сегодня стали неотъемлемой частью педагогических исследований, поскольку без них при решении целого ряда исследовательских задач невозможно дать объективную интерпретацию результатов измерений. Дело в том, что психолого-педагогические измерения, выполненные с помощью различных тестов, опросников, всегда сопровождаются некоторой ошибкой, которую вызывают несовершенство диагностического инструментария (чаще всего он отражает некоторую

модель изучаемого объекта, которая никогда не бывает абсолютно тождественной его сущности), различные обстоятельства, связанные с условиями проведения измерений. Поэтому результат психолого-педагогического исследования имеет вероятностный характер, следовательно, необходимо доказывать статистическую достоверность (значимость) полученных результатов. Это и обусловило применение в педагогике статистических методик сравнения уровней исследуемых параметров, интегральных характеристик результатов измерений, мер вариации параметров и т.д.

Понимание взаимосвязи количественных и качественных методов в педагогике выходит на новый уровень. Количественное и качественное оказываются неразрывно связаны. Измерение, как таковое, составляет предмет метрологии, которая позиционируется как отрасль науки об измерении качества, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Математика выявляет сложные отношения между объектами, их величинами и мерами, выстраивая при этом различные теории величин и мер, причем различие теорий отличается различием исследуемых объектов.

Применению статистических методов предшествует этап формализации задачи (введение символьных обозначений, выбор параметров, установление порядка предположительных процедур, сравнений и т.д.). Например, при формализации объекта (предмета) исследования его определяют как некоторую модель, обладающую диагностическими признаками (параметрами, фиксируемыми с помощью измерительных процедур); при этом определяют совокупность интересующих исследователя диагностических признаков; подбирают измерительные инструменты, определяют границы вариаций, шкалы оценок; с позиций структурно-функционального подхода определяются связи и компоненты объекта (предмета) исследования.

Таким образом, проблемы намерений непосредственно связаны с проблемами диагностики, они относятся к числу наиболее сложных как в теоретическом, так и в прикладном отношении. *Измерение* – выявление количественных характеристик изучаемых явлений; особая процедура, посредством которой числа (или, по край-

ней мере, порядковые величины) приписываются вещам по определенным правилам.

В понятие «нахождение значения величины, характеризующей качество», включается и математическая обработка результатов измерений. При этом в качестве результата измерения выступает значение величины, характеризующее качество, найденное путем ее измерения.

Диагностика – анализ состояния объектов и процессов, выявления проблем их функционирования и развития. *Педагогический диагноз* – это определение характера объема образовательных трудностей, а также способностей учащихся на основе данных об освоении программ воспитания и обучения.

Рассмотрение сущности понятий «диагностика» и «измерение» позволяет сделать вывод о том, что измерение шире, чем диагностика. Диагностика как изучение состояния и возможностей развития исследуемых процессов и явлений, по мнению методологов педагогики, сопутствует всему процессу поиска, сопровождает его, но особо выделяет исходную (в начале исследования) и заключительную диагностику, необходимую для ориентации поиска и определения его эффективности.

Собственно психолого-педагогическая диагностика есть определение качественных и количественных параметров изучаемых объектов на основе принятых *критериев и показателей* с помощью известных (в том числе стандартизированных) методик, а также на основе конструирования и разработки новых диагностических *измерительных* инструментариев. Выстраивается следующая иерархия ключевых понятий педагогической диагностики, таких как «параметр», «индикатор», «критерий», «показатель», «измерительный инструментарий».

Параметр – величина, определяющая оценку конкретного свойства явления, действия или деятельности; элемент формализации индикатора. *Индикатор* – величина, обобщающая несколько параметров и позволяющая *оценивать* по собственному критерию то или иное явление, действие, *деятельность*. *Оценка* выступает как вид суждения об определенном *феномене*; бывает количественной и качественной, обобщенной. *Критерий* – *признак*,

по которому классифицируются, оцениваются (и получаются *оценки*) соответствующим индикатором те или иные явления, действия или *деятельность*, в частности при их формализации. *Критерии* – научно обоснованные эталоны, по которым устанавливается текущее состояние в *развитии*, формировании, обучении, воспитании учащихся. *Критериальный (диагностически-критериальный) аппарат педагогики* – система приемов, средств, показателей, способов их обнаружения и установления уровней *развития*, сформированности, обученности, воспитанности обучающегося.

Показатели – это признаки, характеризующие уровень развития, процесс формирования личности, ее обученность, воспитанность, наблюдаемые визуально и устанавливающие меру реализации на практике выработанных у обучающихся навыков и умений, поведения, знаний. В качестве измерительных инструментариев разрабатываются проблемы использования педагогического диагностирования и количественных методов *оценки* качества педагогического объекта. В свою очередь, *количественные методы* – совокупность приемов, процедур и методов описания, преобразования и получения нового знания, формализованного на основе достижений методов современной математики и вычислительной техники. *Педагогическое диагностирование* – научно обоснованные действия по установлению степени развития, сформированности, обученности, воспитанности школьника.

К диагностике можно отнести изучение накопленного опыта, практику решения педагогических проблем, систему диагностических процедур, осуществляемые с помощью наблюдений, опроса, тестирования и других исследовательских методов и методик. Теория педагогических измерений представляет отрасль педагогики, имеющей право на самостоятельное функционирование и развитие (С.И. Архангельский, В.И. Журавлев, Ю.К. Бабанский, В.И. Загвязинский, М.Л. Фридман, В.М. Михеев и др.) и включающей в себя педагогическую диагностику.

В настоящее время в России проблемам педагогических измерений уделяется особое внимание в связи с введением образовательных стандартов, развитием национальной системы оценки

качества образования. Функционируют кафедры педагогических измерений, исследовательские центры проблем качества подготовки специалистов, разрабатываются и анализируются современные подходы к оценке качества подготовки обучаемых, стратегии в области национальных тестовых систем, качества диссертационных исследований в области педагогики. Так, проблемы оценки качества научно-педагогических исследований разрабатываются академиком РАО В.М. Полонским.

Возникает необходимость создания педагогических систем оценочных показателей, определения шкал, по которым эти показатели будут оценены, а также разработки критериев, с помощью которых возможна интерпретация полученных результатов. Ученые считают, что некоторые свойства и показатели могут быть оценены с помощью формализованных методов, а другие – произведены только эвристическим путем.

Изучение и анализ проблемы теории и методики педагогических измерений и диагностики привели к созданию отдельной отрасли педагогики – педагогическая квалиметрия.

Квалиметрия (от лат. *Quails* – какой по качеству и *metros*) – междисциплинарная область, изучающая номенклатуру, показатели и методы количественной оценки качества продукции.

Квалиметрические методы применяются и в педагогике и психологии для проверки и оценки знаний, качества контрольных вопросов, построения различного рода шкал для измерения различных психологических характеристик личности. С другой стороны, любое педагогическое исследование в обязательном порядке сопровождается определенными качественными и количественными измерениями. Следовательно, каждый педагог, как практик, так и исследователь, должен владеть теорией и методикой педагогического измерения и диагностики, позволяющих качественно и количественно описать промежуточные и итоговые результаты образовательной деятельности, исследуемые педагогические феномены. В таком ракурсе педагогическая квалиметрия и диагностика как составная часть методологической компетентности педагога входят ныне в образовательную программу подготовки не только магистров и кандидатов наук, но и будущих учителей-практиков.

Будущему педагогу необходимо научиться осуществлять измерение и диагностирование исходного состояния изучаемого явления и мониторинг развития определенного качества с помощью количественных показателей. Педагогическое измерение и диагностика дают возможность внести необходимую объективность, строгость, четкость в понимании исходных данных, интерпретации промежуточных и конечных результатов образовательной деятельности.

В инновационной педагогике одним из основополагающих является положение об ученике как субъекте собственного развития, обучения и воспитания. В связи с этим необходимо учитывать, что дети не должны рассматриваться педагогом лишь как объект изучения. Знания о ребенке, педагогических явлениях и процессах должны служить практическим задачам воспитания, обучения и развития, в ходе решения которых ученик ставится в активную позицию субъекта деятельности.

В начале третьего тысячелетия остро встали вопросы сохранения здоровья учащихся, использования здоровьесберегающих технологий обучения и воспитания. В связи с этим все большее значение для педагогов, исследователей и практических работников приобретают измерения физических показателей здоровья учащихся и их взаимосвязи с различными характеристиками образовательного процесса, как качественными, так и количественными.

Огромное значение при этом приобретают методы измерений и вычислений, которые традиционно использовались в спортивной педагогике, но были недостаточно представлены в общей педагогике и частных методиках. Именно поэтому в настоящей монографии делается акцент на методах измерений и вычислений, используемых в спортивно-педагогической практике, приводится большое число примеров из спортивной педагогики.

1.3. ПАРАМЕТРЫ, ИЗМЕРЯЕМЫЕ В СПОРТИВНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

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

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

- *интегральные*, отражающие суммарный (кумулятивный) эффект функционального состояния различных систем организма (например, спортивное мастерство);
- *комплексные*, относящиеся к одной из функциональных систем организма спортсмена (например, физическая подготовленность);
- *дифференциальные*, характеризующие только одно свойство системы (например, силовые качества);
- *единичные*, раскрывающие одну величину (значение) отдельного свойства системы (максимальная сила мышц).

Исследования показывают, что количество изучаемых в спорте параметров колеблется от 11 до 13 (табл. 1.1). Данные таблицы 1.1 свидетельствуют о плавно убывающем ряде соотношений частотности использования измеряемых в спорте параметров – различия между соседними цифрами незначительны. Обращает на себя внимание соотношение энергетико-функциональных и анатомо-морфологических параметров.

Параметры внешней формы и состава тела, используемые в спорте для диагностики физического состояния и в других целях, употребляются в 4,0–4,5 раза реже, чем параметры тренировочной нагрузки, восстановления и физической подготовленности. Довольно слабо используются при измерениях такие важные компоненты подготовки спортсменов, как параметры тактических действий; сравнительно редко применяются измерения, помогающие изучать параметры влияния внешних условий на тренировоч-

ный процесс: атмосферы, воды, почвы, помещений, естественных сил природы.

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

– *физиологические («внутренние»), физические («внешние») и психологические параметры тренировочной нагрузки и восстановления;*

– *параметры качеств: силы, быстроты, выносливости, гибкости и ловкости;*

– *функциональные параметры сердечно-сосудистой и дыхательной систем;*

– *биомеханические параметры спортивной техники;*

– *линейные и дуговые параметры размеров тела.*

Таблица 1.1

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

№ п/п	Комплексные параметры	Частотность
1	Тренировочной нагрузки и восстановления (физиологические, физические, психические величины)	4,57
2	Физической подготовленности (качества силы, быстроты, выносливости, ловкости и гибкости)	4,35
3	Сердечно-сосудистой системы (движение сердца и крупных сосудов, движение крови в сердце и сосудах, биопотенциалы сердца)	3,09
4	Размеров тела и конечностей (линейные и дуговые размеры тела)	2,92
5	Технической подготовленности (статика, кинематика, динамика, время и ритмика спортивных движений)	2,60
6	Дыхательной системы (легочные объемы, механика дыхания, газообмен)	2,48
7	Биофизических и биохимических проб (кровь и лимфа, моча и кал, мокрота, пот и слюна)	2,43

№ п/п	Комплексные параметры	Частотность
8	Нервно-мышечной системы (биоэлектрическая и биомеханическая деятельность мышц)	2,05
9	Тактической подготовленности (соревновательная активность и эффективность действий)	1,91
10	Отделов ЦНС (параметры головного мозга и отделов ЦНС)	1,82
11	Системы анализаторов (зрительный, вестибулярный, тактильный, слуховой, двигательный)	1,41
12	Внешней формы тела и пропорций (телосложение, осанка, стопа)	1,12
13	Состав тела (содержание жира, удельный вес и плотность тела)	1,00

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

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

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

- *временных* (промежутки времени и частота действий в единицу времени – момент времени, длительность действия, темп и ритм движения);

- *геометрических* (положение спортсмена: координаты расположения тела или его звеньев в заданной системе; размеры расстояния между двумя заданными точками при измерении результатов в прыжках, метаниях и др.; контуров при измерении

правильности вычерчивания обязательных фигур в фигурном катании; при измерении осанки и плоскостояния);

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

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

- *характеризующих химический состав* (этих величин очень много);

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

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

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

Одним из перспективных подходов к решению проблемы выявления наиболее информативных параметров и методов обследований спортсменов служит метод моделирования различных сторон подготовленности. Его основная цель – определение и обоснование конкретных количественных модельных характеристик функциональной, технико-тактической, психологической подготовленности, при достижении которых данный спортсмен с наибольшей степенью вероятности может выиграть данные соревнования или установить рекорд.

1.4. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О СИСТЕМАХ ЕДИНИЦ

Физические величины и их единицы. В науке, технике и быденной жизни мы имеем дело с разнообразными свойствами окружающих нас тел. Эти свойства отражают процессы взаимодействия тел между собой и их воздействие на органы чувств.

Для описания свойств вводятся физические величины, каждая из которых является качественно общей для многих объектов (физических тел, их состояний, процессов, в которых они участвуют), но в количественном отношении – различной для разных объектов. Для того чтобы дать меру физической величине, мы устанавливаем ее единицу. Единица определенной физической величины представляет собой значение данной величины, которое по определению считается равным 1.

Операция, с помощью которой мы узнаем числовое значение той или иной величины для определенного объекта, представляет собой измерение этой величины. Измерить какую-либо величину – это значит найти опытным путем отношение данной величины к соответствующей единице измерения. Это отношение и является мерой интересующей нас величины.

Так как само понятие «больше – меньше» применимо лишь к однородным величинам, очевидно, что и сравнивать можно только однородные величины. Можно сравнивать высоту здания с расстоянием между городами, силу натяжения пружины с весом гири, но бессмысленно ставить вопрос о том, превышает ли скорость поезда длину карандаша или объем стакана – массу автомобиля. Столь же нелепо, разумеется, пытаться измерить скорость единицей массы или площадь – единицей силы.

Для того чтобы измерение имело однозначный характер, необходимо, чтобы отношение двух однородных величин не зависело от того, какой единицей измерена эта величина. Подавляющее большинство физических величин удовлетворяет этому условию, которое обычно называют условием абсолютного значения относительного количества. Это условие может быть соблюдено при наличии по крайней мере принципиальной возможности такого количественного сравнения двух однородных величин, в результате которого получается число, выражающее отношение этих величин.

Однако подчас встречаются такие свойства, которые не удается охарактеризовать величиной, удовлетворяющей данному требованию. В этих случаях вводят некоторые условные числовые характеристики, которые уже нельзя рассматривать как единицы.

С развитием измерительной техники иногда возникает возможность замены таких условных характеристик «настоящими» единицами. Так, например, для определения скорости ветра раньше служила условная шкала Бофорта, которую затем заменили изменением скорости ветра в метрах в секунду. В настоящее время каждому баллу шкалы Бофорта соответствует определенный интервал скорости ветра. К числу таких условных единиц относится и твердость материалов, для сравнения которой существуют различные шкалы, между которыми, кстати сказать, нет даже вполне однозначного соответствия. Хотя эти условные числовые характеристики физических свойств, строго говоря, и не являются единицами, они позволяют производить качественное сравнение величин, что в ряде случаев достаточно удовлетворительно для практических целей. Наиболее употребительные характеристики такого типа также рассматриваются в этой монографии.

Вопрос о том, как определить единицу измеряемой величины, вообще говоря, может быть решен произвольно. И действительно, история материальной культуры знает громадное число разнообразных единиц, в особенности для измерения длины, площади, объема и массы. Это разнообразие единиц сохранилось в некоторой степени и до настоящего времени.

Наличие большого числа разнообразных единиц создавало, естественно, затруднения в международных торговых отношениях, обмене результатами научных исследований и т.п. Вследствие этого ученые разных стран пытались установить единицы, которые действовали бы во всех странах. При этом, разумеется, не ставилось задачи для каждой величины устанавливать однуединственную единицу. Поскольку на практике приходилось встречаться с большими и малыми значениями измеряемых величин, целесообразно было иметь соответственно единицы различного размера – крупные и мелкие с тем условием, что переход от одних единиц к другим осуществляется возможно более просто. Такими единицами стали единицы метрической системы мер, созданной в эпоху Великой французской революции (1790), – система, которая, по мысли ее авторов, должна была служить

«на все времена, для всех народов, для всех стран» (“pour tous les temps, pour tous les peuples, pour tous les pays”).

С середины XIX в. метрическая система стала широко распространяться, была узаконена почти во всех странах и легла в основу построения единиц, служащих для измерения различных величин в физике и смежных науках. Отличительным свойством метрической, или, как ее иногда называют, десятичной системы мер является то, что разные единицы одной и той же величины относятся друг к другу, как целые (положительные или отрицательные) степени десяти.

Несмотря на явные преимущества и удобства метрической системы, наряду с ней в ряде стран применялись и применяются свои, местные, единицы, а в Великобритании, США и некоторых других странах до недавнего времени метрическая система не являлась государственной и использовалась, и то не всегда, лишь в научных работах. В настоящее время большинство этих стран перешло на метрическую систему.

То обстоятельство, что для измерения одной и той же величины применяется несколько единиц, требует умения переходить от одних единиц к другим. Иначе говоря, нужно уметь определять число, выражающее данную величину одной единицей, если известно число, выражающее ее другой. Если данная величина A измерена единицей α_1 то можно написать:

$$A / \alpha_1 = a_1.$$

Если та же величина A измерена единицей α_2 , мы получим число a_2 соответственно:

$$A / \alpha_2 = a_2, \text{ или же } A = a_1 \times \alpha_2 = a_2 \times \alpha_1.$$

Сравнивая эти выражения, можно записать:

$$a_1 / a_2 = \alpha_1 / \alpha_2. \quad (1.1)$$

Эта формула выражает хорошо известное положение, что числовые значения физической величины и ее единица находятся в обратном отношении, т.е. во сколько раз крупнее единица данной величины, во столько раз меньше число, которым эта величина