

УДК 378.1+796/799

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ РАЗРАБОТКИ НОРМАТИВОВ ФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ ШКОЛЬНИКОВ

© С.Н. Симонов, П.М. Грицков, О.В. Тегенева

Simonov S.N., Gritskov P.M., Tegeneva O.V. Mathematical and static toolbox for elaboration of standards of physical abilities at school. This article presents the phases of elaboration of normative foundations for a system of physical training, the comparative analysis of mathematical methods for composition of standards of physical abilities of children at secondary school's age, the propriety of use of tsestilniy method is proved, based on the non-parametric technologies.

В современном физическом воспитании школьников широко используются нормативные способы постановки задач и оценки результатов их выполнения. Нормативы физических способностей являются инструментом, в значительной мере регламентирующим и отражающим конечную цель процесса физического воспитания в общеобразовательной школе.

Согласно современным представлениям, эффективность использования нормативов в значительной мере зависит от того, насколько они соответствуют условиям конкретного региона. В этой связи целесообразным считается следующий порядок разработки нормативов: от единичного к общему (школа, район, город, регион). При этом составление региональных нормативов физических способностей сопряжено с рядом методических сложностей в отборе тестовых заданий, в процедуре тестовых измерений, в обработке результатов тестирования, где, в частности, требуется квалифицированное владение методами математической статистики.

Несмотря на ключевое место оценивания физических способности детей в педагогическом процессе, существующие способы оценки их и разработки региональных нормативов недостаточно теоретически обоснованы и во многом не отвечают современным требованиям. Следовательно, необходимо помочь учителям физической культуры в разработке адекватных нормативов физической способностей, применение которых позволит объективно оценить физическую подготовленность каждого школьника.

В первую очередь рассмотрим некоторые условия и требования нормативных основ системы физического воспитания и постараемся определить структуру и последовательность основных положений при составлении региональных нормативов физической подготовленности детей школьного возраста.

1 этап. Отбор тестовых заданий.

Критериями отбора тестовых заданий являются:

- 1) тестовые упражнения, выбранные для оценки физической подготовленности должны всесторонне характеризовать моторику человека;
- 2) при оценке физической подготовленности целесообразнее использовать не один тест, а батарею тестовых заданий;
- 3) тестовые упражнения должны не только отвечать конкретным требованиям исследования, но и со-

ответствовать основополагающим критериям: надежности и объективности.

4) На основании данных критериев оценивания нами проведен качественный анализ следующих тестовых заданий:

5) скоростные способности: «бег 30 м», «бег 60 м», «бег 100 м»;

6) скоростно-силовые способности: «прыжок в длину с места», «прыжок в длину с разбега», «прыжок в высоту»;

7) силовые способности: «подтягивание на высокой перекладине из виса» (мальчики), «подтягивание на низкой перекладине из виса лежа» (девочки), «сгибание разгибание рук, в упоре лежа» (мальчики), «сгибание разгибание рук в упоре на коленях» (девочки);

8) координационные способности: «челночный бег 3 × 10 м», «бег 4 × 15 м»;

9) выносливость: «бег 500 м», «бег 1000 м», «6-минутный бег»;

10) гибкость: «наклон из положения стоя», «наклон из положения сидя», «мост».

В результате проведенного анализа качества тестовых заданий нами была определена батарея тестов для оценки физической подготовленности детей среднего школьного возраста г. Тамбова. В «батарею тестов» были включены следующие тестовые задания: «бег 30 м», «прыжок в длину с места», «подтягивание на перекладине из виса (мальчики)», «подтягивание на низкой перекладине из виса лежа (девочки)», «челночный бег 3 × 10 м», «6-минутный бег», «наклон из положения сидя». Также результаты наших исследований показали, что применяемые тестовые задания, характеризующие уровень физической подготовленности отвечают требованиям теории стандартизации и могут быть использоваться в школьной практике.

2 этап. Отбор детей, принимающих участие в тестовых измерениях:

1) упражнения для оценки физической подготовленности выполняют практически здоровые дети, отнесенные по состоянию здоровья к основной медицинской группе;

2) перед выполнением упражнений учащиеся проходят медицинский осмотр и получают разрешение. К испытаниям не допускаются лица с повышенной температурой (более 37,0° C), пульсом более 100 уда-

ров/мин., инфекционными, включая простудные, заболеваниями, плохим самочувствием, после тяжелого или напряженного труда, не подготовленные к некоторым физическим упражнениям, особенно к бегу;

3) одежда испытуемых должна быть удобной в соответствии с погодными условиями.

3 этап. Проведение тестовых измерений:

1) перед выполнением упражнения следует показать его технику и предложить учащимся ее опробовать;

2) при выполнении необходимо определить наиболее информативную попытку, включив ее в систему зачета;

3) из проведенных попыток в протокол проведения тестовых измерений вносится лучший результат;

4) контрольные испытания следует проводить в соревновательной обстановке.

В соответствии с вышеперечисленными условиями и требованиями было проведено тестирование физических способностей.

4 этап. Квалиметрическая оценка и преобразование результатов тестирования физических способностей в качественные уровни:

1) определение истинного возраста;

2) группировка детей по половозрастным группам;

3) формирование интервальных рядов распределения по формуле Стерджесса;

4) оценка нормальности распределения физических способностей;

5) основываясь на результатах нормальности распределения, подбирается математико-статистический метод, с помощью которого осуществляется перевод результатов теста в оценки;

6) в соответствии с выбранной шкалой результаты теста преобразовываются в качественные уровни развития физических способностей;

7) на основе качественных уровней проводится графическое представление развития физических способностей школьников.

Вследствие сложности реализации данного этапа, особенно математико-статистической обработки полученных результатов, нам представляется необходимым рассмотреть его более подробно.

В научных исследованиях при составлении нормативов приводятся различные градации возрастных интервалов. Среди детей школьного возраста возрастные градации более частые, чем у взрослых. Обычно возрастные интервалы равны году, полугоду, нескольким месяцам. Вместе с тем, при определении возраста мы придерживаемся следующей градации: к детям 11 лет относят тех, кто на момент тестирования имеет от 10 лет 6 месяцев до 11 лет 5 месяцев и 29 дней и т. д. На основе данной градации проводилась группировка детей с учетом пола.

По полученным вариационно-частотным рядам, рассчитанным с помощью формулы Стерджесса, была проведена оценка степени отличий эмпирических частот от соответствующих им теоретических. Обычно в процедурах составления нормативов физических способностей исследователи не применяют оценку нормальности распределения, что в последующем, на наш взгляд, приводит к некорректному выбору статистического метода и последующим погрешностям в преобра-

зование результатов тестирования в количественные уровни. Далее мы предлагаем анализ нормальности распределения и рассмотрим погрешности преобразования в количественные уровни показателей физических способностей. Данные наших исследований приведены ниже и показаны на результатах скоростных способностей детей среднего школьного возраста г. Тамбова.

Для получения объективной оценки близости эмпирических частот к теоретическим нами использовался один из критериев близости – критерий согласия Пирсона χ^2 («хи-квадрат»). Напомним, что графическое изображение нормального (правильного) распределения в системе прямоугольных координат имеет характер колокообразной кривой симметричной относительно среднего значения.

Например, проанализируем скоростные способности девочек (рис. 1).

Как видно на графиках (С, Е), эмпирические частоты распределения существенно не отличаются от теоретических частот, о чем свидетельствует коэффициент согласия Пирсона $\chi^2(C) = 8,62$ и $\chi^2(E) = 4,26$, т. к. при уровне значимости $\alpha = 0,05$, фактическое $\chi^2 < \chi^2_{\text{табл.}} = 12,59$. Соответственно коэффициенты асимметрии $K_S(C) = 0,24$ и $K_S(E) = -0,083$; коэффициенты эксцесса $L_K(C) = -0,506$ и $L_K(E) = 0,059$ также свидетельствуют о нормальном типе распределения результатов тестирования скоростных способностей девочек в возрасте 11 и 13 лет.

На графиках (А, В, D) рис. 1 отклонения нельзя считать случайными и эмпирическое распределение является принципиально отличным от рассчитанного теоретического. Так, в возрастном интервале 11 лет отмечается коэффициент Пирсона $\chi^2(A) = 16,39$ против граничного $\chi^2_{\text{табл.}} = 12,59$, т. е. в связи с этим ряд имеет значительный эксцесс $L_K(A) = -0,984$ ($\alpha = 0,05$) при $K_S(A) = 0,130$. В 12 лет среди девочек в распределение результатов тестирования скоростных способностей наблюдается правосторонняя (положительная) асимметрия $K_S(B) = 0,304$ ($\alpha = 0,05$), где вместе с тем проявляется остроконечный эксцесс $L_K(B) = 0,304$. При этом коэффициент согласия Пирсона $\chi^2(B) = 14,22$. В ряде эмпирических частот в возрастном интервале 14 лет проявляется ярко выраженная правосторонняя асимметрия $K_S(D) = 0,603$ ($\alpha = 0,01$) при эксцессе $L_K(D) = 0,371$. Эмпирическое значение $\chi^2(D) = 17,07$ оказывается больше табличного (критического), что свидетельствует о значительном отклонении от нормального распределения.

Для скоростных способностей мальчиков мы получили следующие результаты (рис. 2).

На графиках (В, Е) эмпирические частоты распределения существенно не отличаются от теоретических, о чем свидетельствуют коэффициенты согласия Пирсона $\chi^2(B) = 10,97$ и $\chi^2(E) = 5,55$. В данных распределениях, в возрасте 12 и 14 лет, коэффициенты асимметрии $K_S(B) = 0,535$ и $K_S(E) = 0,287$; коэффициенты эксцесса $L_K(B) = 0,287$ и $L_K(E) = -0,091$ также свидетельствуют о незначительных отклонениях эмпирических частот от теоретических, распределение которых можно считать близким к нормальному.

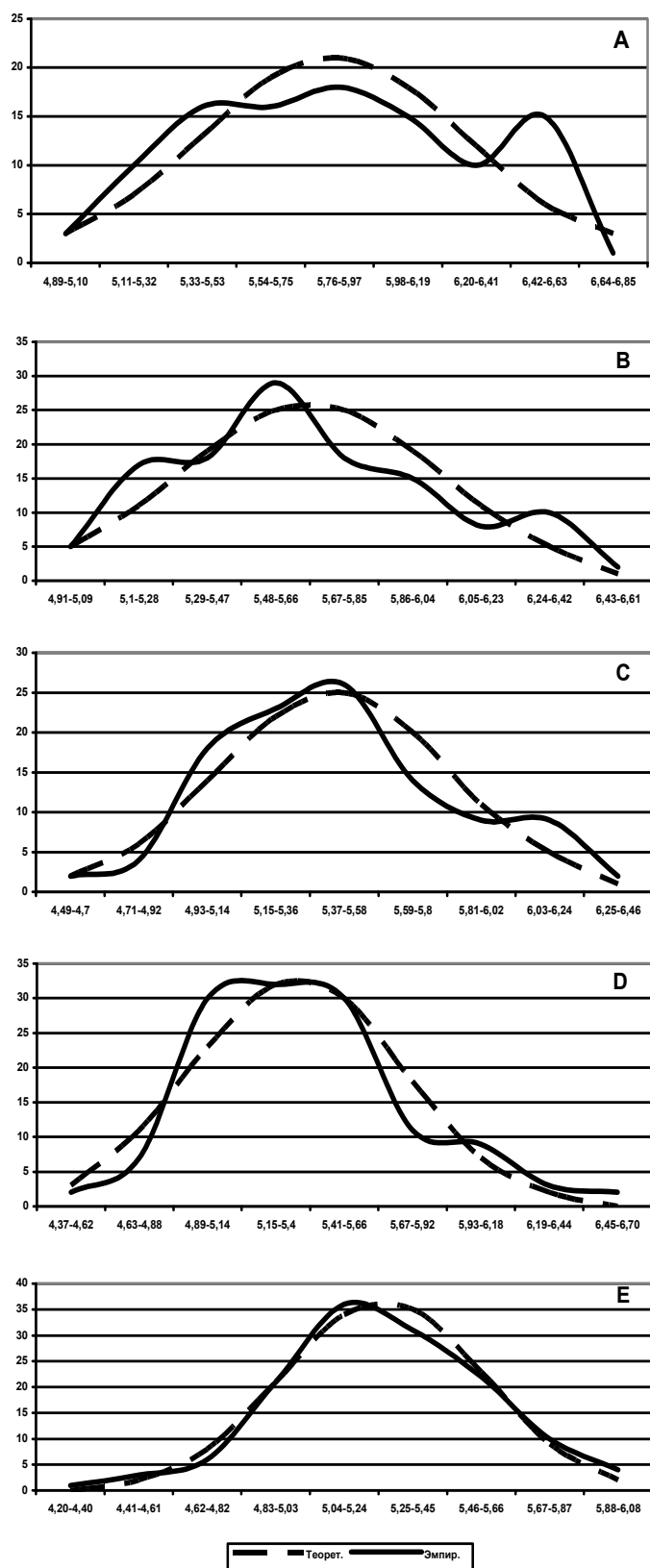


Рис. 1. Отличия эмпирических и теоретических частот распределения скоростных способностей девочек: А) 11 лет; В) 12 лет; С) 13 лет; D) 14 лет; E) 15 лет

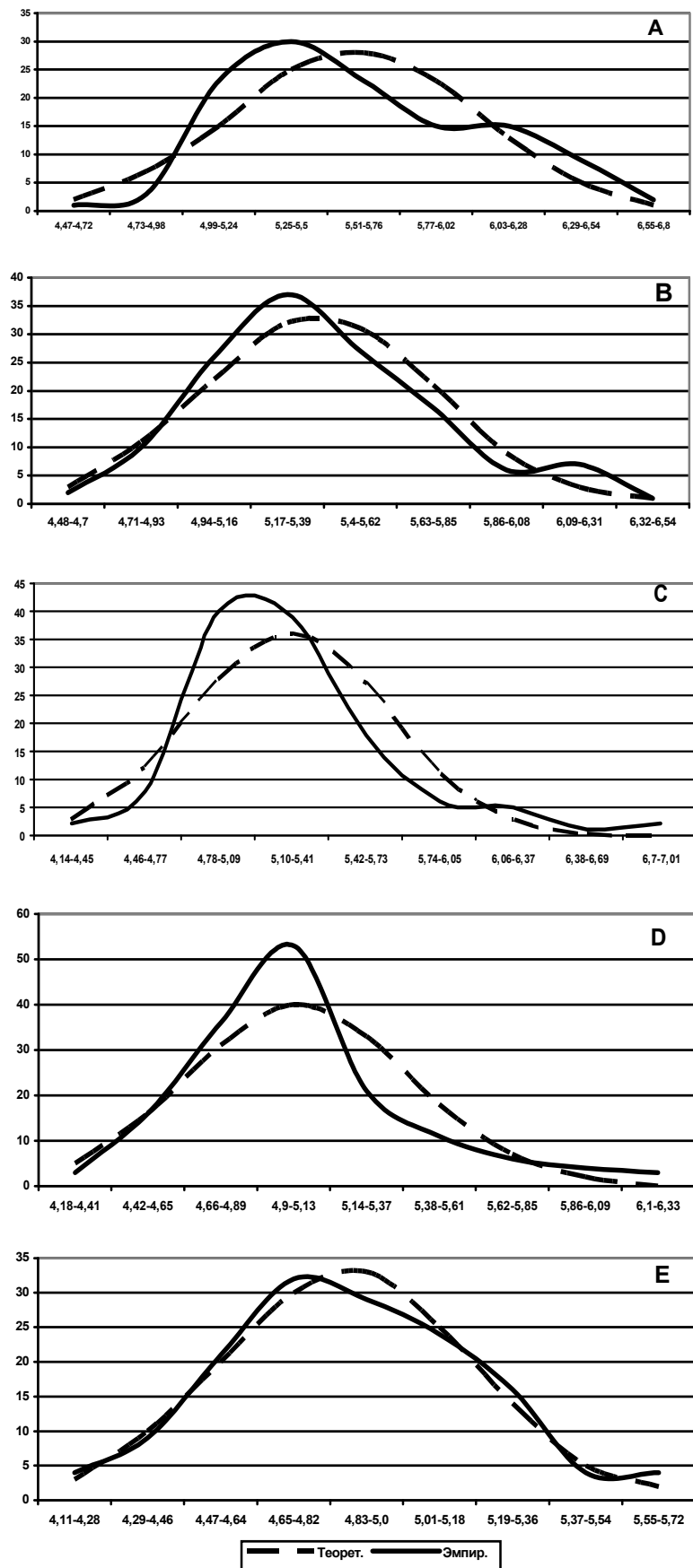


Рис. 2. Отличия эмпирических и теоретических частот распределения скоростных способностей мальчиков: А) 11 лет; В) 12 лет; С) 13 лет; D) 14 лет; E) 15 лет

Таблица 1

Емкости оценочных зон скоростных способностей и их степень близости к должным значениям (девочки)

Возраст	Метод оценки	Уровень	Низкий	Средний	Высокий	E
		Показатели				
11	Сигмальный метод	Интервал	6,31 и выше	6,30–5,42	5,41 и ниже	7,81
		Емкость зон	20,4	62,1	17,5	
		Разница	– 4,5	6,1	– 1,9	
	Центильный метод	Интервал	6,29 и выше	6,28 – 5,40	5,39 и ниже	7,43
		Емкость зон	21,3	63,1	15,6	
		Разница	– 5,4	5,1	– 0,3	
12	Сигмальный метод	Интервал	6,03 и выше	6,02–5,30	5,29 и ниже	5,16
		Емкость зон	18,1	64,1	17,8	
		Разница	– 2,5	4,1	– 1,9	
	Центильный метод	Интервал	6,06 и выше	6,05–5,23	5,22 и ниже	3,91
		Емкость зон	15,7	71,2	13,4	
		Разница	0,2	3	2,5	
13	Сигмальный метод	Интервал	5,84 и выше	5,83–5,07	5,06 и ниже	3,98
		Емкость зон	17,0	65,0	18,0	
		Разница	1,1	3,2	2,1	
	Центильный метод	Интервал	5,88 и выше	5,87–5,10	5,09 и ниже	0,86
		Емкость зон	15,2	68,5	16,3	
		Разница	0,7	0,3	0,4	
14	Сигмальный метод	Интервал	5,77 и выше	5,76–4,96	4,95 и ниже	1,91
		Емкость зон	16,0	69,5	14,5	
		Разница	0,1	1,3	1,4	
	Центильный метод	Интервал	5,74 и выше	5,73–5,02	5,01 и ниже	5,05
		Емкость зон	16,3	64,4	19,2	
		Разница	0,4	3,8	3,3	
15	Сигмальный метод	Интервал	5,58 и выше	5,57–4,95	4,94 и ниже	2,82
		Емкость зон	17,2	69,2	13,6	
		Разница	1,3	1	2,3	
	Центильный метод	Интервал	5,64 и выше	5,63–4,98	4,97 и ниже	3,18
		Емкость зон	13,7	70,5	15,8	
		Разница	2,2	2,3	0,1	

Таблица 2

Емкости оценочных зон скоростных способностей и их степень близости к должным значениям (мальчики)

Возраст	Метод оценки	Уровень	Низкий	Средний	Высокий	E
		Показатели				
11	Сигмальный метод	Интервал	6,06 и выше	6,05–5,17	5,16 и ниже	3,39
		Емкость зон	18,3	65,8	15,9	
		Разница	2,4	2,4	0	
	Центильный метод	Интервал	6,06 и выше	6,05–5,16	5,17 и ниже	2,97
		Емкость зон	18,3	66,7	15,0	
		Разница	2,4	1,5	0,9	
12	Сигмальный метод	Интервал	5,77 и выше	5,76–5,02	5,01 и ниже	1,07
		Емкость зон	15,1	68,9	16,0	
		Разница	0,8	0,7	0,1	
	Центильный метод	Интервал	5,79 и выше	5,78–4,96	4,95 и ниже	4,32
		Емкость зон	14,8	72,2	13,0	
		Разница	1,1	3	2,9	
13	Сигмальный метод	Интервал	5,69 и выше	5,68–4,82	4,81 и ниже	11,53
		Емкость зон	12,5	77,5	10,0	
		Разница	3,4	9,3	5,9	

14	Центильный метод	Интервал	5,56 и выше	5,55–4,81	4,80 и ниже	7,67
		Емкость зон	17,0	73,0	10,0	
		Разница	1,1	4,8	5,9	
	Сигмальный метод	Интервал	5,42 и выше	5,41–4,67	4,66 и ниже	6,69
		Емкость зон	14,4	73,5	12,1	
		Разница	1,5	5,3	3,8	
	Центильный метод	Интервал	5,37 и выше	5,36–4,67	4,66 и ниже	5,24
		Емкость зон	16,1	71,8	12,1	
		Разница	0,2	3,6	3,8	
15	Сигмальный метод	Интервал	5,19 и выше	5,18–4,56	4,55 и ниже	2,05
		Емкость зон	16,8	69,0	14,2	
		Разница	0,9	0,7	1,7	
	Центильный метод	Интервал	5,22 и выше	5,21–4,54	4,53 и ниже	4,50
		Емкость зон	15,4	71,6	13,0	
		Разница	0,5	3,4	2,9	

Из графиков (А, С, D) рис. 2 можно увидеть, что эмпирическое распределение является принципиально отличным от рассчитанного теоретического. При таких условиях полученные коэффициенты согласия по Пирсону χ^2 показывают данные, превышающие граничные значения в таблице оценки близости эмпирических и теоретических частот ($\chi^2(A) = 14,47$; $\chi^2(C) = 41,42$; $\chi^2(D) = 42,26$).

Наряду с этим, в возрастном интервале 11 лет наблюдается незначительный плосковершинный (отрицательный) эксцесс $L_K(A) = -0,644$ при правосторонней асимметрии $K_S(A) = 0,406$ ($\alpha = 0,05$). В 13 лет в распределении эмпирических частот выделяются ярко выраженная правосторонняя асимметрия и остроконечный эксцесс, соответственно, $K_S(B) = 1,117$; $L_K(B) = 1,868$ ($\alpha = 0,01$). Аналогично проявляются эмпирические частоты в возрастном интервале 14 лет, где коэффициент асимметрии $K_S(D) = 0,937$ ($\alpha = 0,01$), коэффициент эксцесса $L_K(D) = 1,203$ ($\alpha = 0,01$).

Т. к. распределение эмпирических частот в большинстве случаев отличается от теоретических, применение параметрических методов при составлении нормативов является некорректным, поскольку этот метод применяется только тогда, когда распределение подчиняется закону нормального распределения.

Чтобы проверить теоретическое утверждение о несостоятельности метода сигмальных отклонений при выведении количественных уровней, нами были составлены нормативы физических способностей параметрическим (сигмальным) и непараметрическим (центильным) методом со шкалой Мартина для сопоставимости результатов. Для научного обоснования степени корректности каждого из способов нами использовался один из методов теории распознавания образов, а именно, определение степени близости между объектами (в нашем случае, оценочными зонами) с помощью Евклидова расстояния (табл. 1, 2).

В возрасте 11 лет при оценке близости емкости оценочных зон к должным показателям во всех качественных уровнях скоростных способностей у девочек при применении центильного метода разница значений в емкости менее значительна, чем проведенная оценка сигмальным методом. Так, разница в качественном уровне «низкий» при оценке центильным методом составляет 5,4%, сигмальным – 4,5%, соответственно, «средний» – 5,1% и 6,1%, «высокий» – 0,3% и 0,9%. При этом в применении различных статистических ме-

тодов оценки скоростных способностей показатели Евклидова расстояния существенно не различаются $E_{\text{цент.}} = 7,43$, $E_{\text{сигм.}} = 7,81$, что свидетельствует о взаимозаменяемости. Аналогично проявляются показатели разности емкости оценочных зон к должным значениям в 12 лет (табл. 1) при $E_{\text{цент.}} = 3,91$, $E_{\text{сигм.}} = 5,16$.

В распределение показателей оценочных зон центильного метода в возрасте 13 лет наиболее приближены к должным значениям, где $E_{\text{цент.}} = 0,86$. Вместе с этим, в качественных уровнях проявляется следующая разница: «низкий» – 0,7%, «средний» – 0,3%, «высокий» – 0,4%. В отличие от центильного сигмальный метод в данном возрасте проводит оценку некорректно, что отмечает значение $E_{\text{сигм.}} = 3,98$.

Если сравнить емкость нормативных интервалов скоростных способностей девочек в возрасте 14 лет, изменения в емкости зон, оцененные сигмальным методом, менее значимы в отличие от центильного метода. Так, емкость оценочной зоны при использовании сигмального метода в качественном показателе «низкий» уровень 17,2%, что на 1,3% больше теоретического значения для данного оценочного интервала, «средний» уровень 69,2%, что на 1% больше, «высокий» – 15,8%, что на 0,1% меньше. Вследствие этого значения $E_{\text{сигм.}} = 1,91$ при оценке центильным методом $E_{\text{цент.}} = 5,05$ и в показателях разности емкости зон проявляются существенные различия.

Таким образом, выявлено, что скоростные способности девочек при оценке центильным методом в отличие от сигмального метода проводят более корректно оценку в возрасте 11–13 лет. Применение сигмального метода возможно при оценивании в 14–15 лет, такие результаты прежде всего связаны с нормальным типом распределения скоростных способностей в данных возрастах.

Разница емкости оценочных зон скоростных способностей среди мальчиков в возрасте 11 лет (табл. 2) при оценивании центильным и сигмальным методом составляет, соответственно, «низкий» уровень – 2,4% и 2,4%, «средний» уровень – 1,5% и 2,4%, «высокий» уровень – 0 и 0,9%. Вместе с тем, значения Евклидова расстояния отмечаются следующие: $E_{\text{цент.}} = 2,97$, $E_{\text{сигм.}} = 3,39$.

Сравнительный анализ результатов физических способностей оценочных зон качественных уровней в остальных тестовых заданиях, полученных параметрическим и непараметрическим методами показал, что в

77,5% случаев центильные оценки более близки к должествующим теоретическим.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать выводы, что широко используемый в практике физического воспитания параметрический метод (сигмальный) не является объективным и приводит к погрешностям при выведении качественных уровней. Таким образом, более корректным при составлении нормативов физических способностей является центильный метод, который основан на непараметрических технологиях и не учитывает тип распределения признака.

При сравнении математико-статистических методов оценивания скоростных способностей мальчиков в возрасте 12 и 15 лет необходимо отметить тот существенный факт, что распределения имеют нормальный тип в отличие от других возрастов. Разница емкости нормативных интервалов скоростных способностей мальчиков в данных возрастах, как видно из табл. 2, оцененных сигмальным методом, менее значимы в отличие от центильного метода. Так, емкость оценочной зоны при использовании сигмального метода в качественном уровне «низкий» 15,1%, что на 0,8% меньше теоретического значения для данного оценочного интервала, «средний» уровень – 68,9%, что на 0,7% больше, «высокий» – 16,0%, что на 0,1% больше. Вследствие этого значения $E_{\text{сигм.}} = 1,91$ при оценке центильным методом $E_{\text{цент.}} = 5,05$ и в показателях разницы емкости зон центильного метода проявляются существенные различия.

В возрасте 13 лет при оценке близости емкости оценочных зон к должным значениям во всех качественных уровнях скоростных способностей при приме-

нении центильного метода значение $E_{\text{цент.}} = 7,67$, в отличие от сигмального метода, где наблюдаются существенные различия, где значение $E_{\text{сигм.}} = 11,53$. Следовательно, разница в качественном уровне «низкий» при оценке центильным методом составляет 1,1%, сигмальным – 3,4%, соответственно «средний» – 4,8% и 9,3%, «высокий» – 5,9% и 5,9%.

При этом в применение различных статистических методов оценки скоростных способностей у мальчиков аналогично показатели разницы емкости оценочных зон проявляются в возрасте 14 лет при следующих значениях Евклидова расстояния: $E_{\text{цент.}} = 5,24$ и $E_{\text{сигм.}} = 6,69$.

Итак, результаты проведенного сравнения емкости зон скоростных способностей, построенных центильным методом для мальчиков, показали более корректную оценку в возрасте 11, 13 и 14 лет, в отличие от сигмального метода. Но в возрасте 12 и 15 лет полученные значения свидетельствуют о целесообразности использования сигмального метода для построения количественных интервальных зон.

Именно с помощью центильного метода нами были разработаны нормативы физических способностей детей среднего школьного возраста с использованием шкалы Мартина. Проведенное дифференцирование оценок физических способностей с помощью данной шкалы помогло выявить качественные уровни, которые графически были представлены в индивидуальных центильных профилях различных физических способностей детей среднего школьного возраста.

Поступила в редакцию 19 апреля 2006 г.