

УДК 796.035–057.87

**Е.Т. КУЗНЕЦОВА**, доктор пед. наук,  
доцент кафедры физической культуры и спорта<sup>1</sup>



**И.А. ЯНКОВСКИЙ**, кандидат экономических наук,  
доцент кафедры информационных технологий  
и интеллектуальных систем<sup>1</sup>



**В.М. ДРОНОВА**  
старший преподаватель кафедры  
физической культуры и спорта<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь



Статья поступила 2 октября 2023 г

## **ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СТРУКТУРУ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ УЧАЩИХСЯ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА Г. ПИНСКА И ПИНСКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Для осуществления дифференцированного подхода к оценке уровня физической подготовленности учащихся начальной школы был проведен факторный анализ, в который вошло 30 переменных.*

**Цель исследования** – осуществить факторный анализ показателей, характеризующих структуру физической подготовленности учащихся младшего школьного возраста.

**Задачи:** описать процедуру факторного анализа, в основе которого использованы антропометрические и функциональные показатели, результаты физической подготовленности; выделить показатели, характеризующие физическую подготовленность детей младшего школьного возраста.

*В исследовании принимало участие 506 детей 6–10 лет из дошкольных образовательных учреждений и младших классов общеобразовательных школ, из них: 256 девочек и 250 мальчиков. Из общего количества детей – 10% проживают в Пинском районе.*

*Процедура факторного анализа состояла из четырех основных стадий: 1. Вычисление корреляционной матрицы для всех переменных, участвующих в анализе. 2. Оценка применимости факторного анализа к выборке. В исследовании применен критерий адекватности выборки Кайзера-Мейера-Олкина (КМО) и критерий сферичности Бартлетта. 3. Извлечение факторов. Предварительный анализ позволил выделить главные факторы для определения физического подготовлен-*

ности детей младшего школьного возраста. 4. Выбор, вращение и интерпретация факторов для создания упрощенной структуры, которой соответствует большое значение нагрузки каждой переменной только по одному фактору и малое по всем остальным факторам.

В результате анализа в каждой из возрастных групп мальчиков выявлено 6–8 факторов, в каждой из возрастных групп девочек – 6–7 факторов. Данные исследования свидетельствуют о разнонаправленном вкладе использованных переменных в структуру показателей, влияющих на уровень физической подготовленности учащихся 1–4-х классов.

**Ключевые слова:** физическое развитие, физическая подготовленность, функциональное состояние, младший школьный возраст, факторный анализ.

**KUZNIETSOVA Olena T.**, Doctor of Ped. Sc., Associate Professor,  
Assistant Professor of the Department of Physical Education and Sports<sup>1</sup>

**YANKOVSKY Igor A.**, PhD in Econ. Sc.,  
Associate Professor of the Department of Information Technology and Intellectual Systems<sup>1</sup>

**DRONOVA Vera M.**, Senior Lecturer of the Department of Physical Education and Sports<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus

## FACTOR ANALYSIS OF INDICATORS CHARACTERIZING THE STRUCTURE OF PHYSICAL FITNESS OF PRIMARY SCHOOL AGE STUDENTS IN PINSK AND PINSK DISTRICT OF BREST REGION

*To implement a differentiated approach to assessing the level of physical fitness of primary school students, a factor analysis was carried out, which included 30 variables.*

**Purpose of the study** – to carry out a factor analysis of indicators characterizing the structure of physical fitness of primary school students.

**Objectives:** describe the procedure of factor analysis, which is based on anthropometric and functional indicators, results of physical fitness; identify indicators characterizing the physical fitness of children of primary school age. The study involved 506 children aged 6–10 years from preschool educational institutions and lower grades of secondary schools, of which: 256 girls and 250 boys. Of the total number of children, 10% live in the Pinsk region.

The factor analysis procedure consisted of four main stages: 1. Calculation of the correlation matrix for all variables participating in the analysis. 2. Assessing the applicability of factor analysis to the sample. The study applied the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test of sampling adequacy and the Bartlett test of sphericity. 3. Factor extraction. A preliminary analysis made it possible to identify the main factors for determining the physical fitness of children of primary school age. 4. Selection, rotation and interpretation of factors to create a simplified structure, which corresponds to a large loading of each variable on only one factor and a small loading on all other factors.

As a result of the analysis, 6–8 factors were identified in each age group of boys, and 6–7 factors in each age group of girls. These studies indicate the multidirectional contribution of the variables used to the structure of indicators affecting the level of physical fitness of students in grades 1–4.

**Keywords:** physical development, physical fitness, functional status, junior school age, factor analysis.

**Введение.** Факторный анализ является мощным инструментом для изучения сложных данных, который позволяет выявить основную структуру информации и выделить важные факторы. Этот метод дает возможность более глубоко изучить взаимосвязи между переменными и понять, как они влияют на конечный результат [3].

С целью осуществления дифференцированного подхода к оценке уровня физической подготовленности учащихся младшего школьного возраста в работе использовался факторный анализ, целью которого является сокращение числа переменных к минимальному набору факторов со статистическими значимыми показателями [2].

Результатом факторного анализа стали значения характеристик физического развития, физической подготовленности, функционального состояния главных систем организма учащихся начальной школы.

**Цель исследования** – осуществить факторный анализ показателей, характеризующих структуру физической подготовленности учащихся младшего школьного возраста.

**Задачи:**

1. Описать процедуру факторного анализа, в основе которого использованы антропометрические и функциональные показатели, результаты физической подготовленности.

2. Выделить показатели, характеризующие физическую подготовленность детей младшего школьного возраста.

**Организация и методы исследования.** В исследовании принимало участие 506 детей 6–10 лет из дошкольных образовательных учреждений и младших классов общеобразовательных школ, из них: 256 девочек и 250 мальчиков. Из общего количества детей – 10% проживают в Пинском районе.

Продолжительность работы – 10 месяцев: с сентября 2022 г. по июнь 2023 г. На втором этапе (декабрь 2022 – февраль 2023) разработан индивидуальный протокол исследования уровня физического развития и физической подготовленности мальчиков и девочек 6–10 лет с различной двигательной активностью. На данном этапе осуществлялись антропометрические измерения, такие как обхватные размеры тела: грудь (спок.), вдох, выдох; плечо, предплечье, бедро, голень; кожно-жировые складки (под лопаткой, плечо сзади, плечо спереди, предплечье, грудь (мальчики), живот, бедро, голень); ЧСС, масса тела, длина тела [5]. На этом этапе также проводилось исследование кардио-респираторной системы: ЖЕЛ (сухой спирометр портативный со сменными мунштуками); кистевая динамометрия (кистевой динамометр Д-25); артериальное давление.

Третий этап (март 2023) предусматривал проведение тестирования физической подготовленности учащихся 1–4 классов средних общеобразовательных и дошкольных учебных заведений: наклон вперед из положения стоя на скамье; сгибание и разгибание рук в упоре лежа; подъем туловища из положения лежа за 1 мин.; прыжок в длину с места; чел-

ночный бег 3x10 м; бег 30 м; бег 6 мин [1]. На этом этапе проведено дополнительное обследование детей шестилетнего возраста в дошкольном учреждении ГУО «Ясли-сад №19 г. Пинска».

Статистические методы анализа полученных данных помогли обобщить и систематизировать материалы экспериментальной работы, перейти от качественных характеристик в их количественные выражения для диагностики результатов. Методы математической статистики дали возможность вероятностной интерпретации обрабатываемых данных и полученных в результате обработки статистических выводов (факторный анализ – метод редукции данных, метод классификации данных) [2; 6, с. 9–10, 289].

Эти методы были использованы для анализа каждой возрастной группы девочек и мальчиков при помощи пакета IBM SPSS Statistics v23.

**Основная часть.** Для изучения структуры показателей, влияющих на уровень физической подготовленности учащихся младшей школы, был проведен факторный анализ, в основе которого использовано 30 переменных, в состав которых вошли антропометрические и функциональные показатели, результаты физической подготовленности.

Такое множество показателей, с одной стороны, позволяет получить более объективную характеристику индивидуального физического развития школьника, но, с другой стороны, затрудняет проведение статистической обработки результатов [4]. Для снижения количества показателей (редукции данных), определения структуры взаимосвязей между переменными (классификации переменных) применяются методы факторного анализа [7]. Процедура факторного анализа состояла из четырех основных стадий:

1. Вычисление корреляционной матрицы для всех переменных, участвующих в анализе.

2. Оценка применимости факторного анализа к выборке. В исследовании применен критерий адекватности выборки Кайзера-Мейера-Олкина (КМО) и критерий сферичности Бартлетта.

Выборки данных для мальчиков 6–10 лет в соответствии мерой адекватности выборки Кайзера-Майера-Олкина имеют: для мальчиков 7 лет – удовлетворительную адекват-

ность, для мальчиков 6 и 10 лет – приемлемую адекватность, а для мальчиков 8 и 9 лет – высокую адекватность (таблица 1).

Выборки данных для девочек 6–10 лет в соответствии с мерой адекватности выборки Кайзера-Майера-Олкина имеют: для девочек 6 лет – удовлетворительную адекватность, для девочек 7, 9 и 10 лет – приемлемую адекватность, а для девочек 8 лет – высокую адекватность (таблица 2).

В соответствии с критерием сферичности Бартлетта данные для выборок мальчиков и девочек всех возрастов вполне приемлемы для проведения факторного анализа (уровень значимости  $p < 0,05$ ).

*Вывод: возможно применение факторного анализа к исследуемым выборкам данных.*

3. Извлечение факторов. Определение числа главных компонент (факторов) в исследовании основано на двух критериях. В соответствии с первым число факторов равно числу компонент, собственные значения которых больше 1. Второй критерий определяется по графику собственных значений – количество факторов определяется по точке перегиба на графике до его выхода наполовную прямую после резкого спада собственных значений.

Метод главных компонент (Principal Components Analysis), основанный на определении минимального числа факторов, вносящих наибольший вклад в дисперсию данных, позволил выделить от 5 до 8 факторов

для различных возрастных групп мальчиков и от 6 до 7 факторов для различных возрастных групп девочек (таблица 3).

Визуальный анализ графиков собственных значений в соответствии с методом «Каменистой россыпи» Р. Кеттелла подтвердил количество выделенных факторов для различных возрастных групп мальчиков и девочек.

*Вывод: Предварительный анализ позволил выделить главные факторы для определения физической подготовленности детей младшего школьного возраста.*

4. Выбор, вращение и интерпретация факторов для создания упрощенной структуры, которой соответствует большое значение нагрузки каждой переменной только по одному фактору и малое по всем остальным факторам.

В исследовании использовался вариант вращения «Варимакс» с нормализацией Кайзера, который является ортогональным. При таком вращении оси сохраняют свое взаимное расположение под прямым углом, то есть факторы являются взаимно независимыми.

С целью объективизации выявления соотношения комплексов показателей морфофункционального статуса и физической подготовленности был проведен факторный анализ, по результатам которого в каждой из возрастных групп **мальчиков** выявлено 6–8 факторов, описывающих 75,7 – 84% общей дисперсии.

Таблица 1. – Оценка применимости факторного анализа к выборке мальчики 6–10 лет

Критерии	6 лет	7 лет	8 лет	9 лет	10 лет
Критерий сферичности Бартлетта (Значимость)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
КМО	0,753	0,676	0,873	0,804	0,757

Таблица 2. – Оценка применимости факторного анализа к выборке девочки 6–10 лет

Критерии	6 лет	7 лет	8 лет	9 лет	10 лет
Критерий сферичности Бартлетта (Значимость)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
КМО	0,628	0,777	0,816	0,789	0,775

Таблица 3. – Выделенное количество факторов для выборки мальчиков 6–10 лет

Группы	6 лет	7 лет	8 лет	9 лет	10 лет
Мальчики	6	9	5	6	7
Девочки	6	7	7	6	7

Было выявлено, что наиболее представительные комплексы размеров тела для возрастов 6, 8–10 лет описаны в первом факторе, а для возраста 7 лет в первых двух факторах. Дисперсия первых факторов охватывает 21,8 – 45,6%, второго фактора (для 7 лет) – 21,7% общей дисперсии. Для мальчиков 7 лет сумма дисперсии первых двух факторов охватывает 43,5% общей дисперсии.

Комплекс показателей физической подготовленности в возрасте 6 лет представлен в 4-х факторах (2-ой фактор (10% общей дисперсии), 3-ий фактор (9,3% общей дисперсии), 5-тый фактор (6,1% общей дисперсии), 6-ой фактор (5,1% общей дисперсии)). В возрасте 7 лет – в 4-х факторах (3-ий фактор (11,7% общей дисперсии), 4-тый фактор (7,9% общей дисперсии), 5-тый фактор (5,5% общей дисперсии), 6-ой фактор (5% общей дисперсии)). В возрасте 8 лет представлен в 2-х факторах (2 фактор (12,7% общей дисперсии), 5-ый фактор (5,4% общей дисперсии)). В возрасте 9 лет представлен в 3-х факторах (2 фактор (8,7% общей дисперсии), 3-ий фактор (8,6% общей дисперсии) и 6-ой фактор (5% общей дисперсии)). В возрасте 10 лет представлен в 3-х факторах (3 фактор (9% общей дисперсии), 4-ый фактор (7,8% общей дисперсии), 7-ой фактор (4,2% общей дисперсии)).

В шестилетнем возрасте физическая подготовленность маркируется результатами испытаний, оценивающих координационные способности (тест «челночный бег») силовые проявления в сложных двигательных тестах («сгибание разгибание рук в упоре») и быстроты (тест «бег 30 м»), при несколько меньшей значимости гибкость («наклон вперед из положения стоя»). В 7-летнем возрасте на первое место выходят координационные способности (тест «челночный бег») и быстроты (тест «бег 30 м»), при несколько меньшей значимости – качества силовой выносливостью в тесте «сгибание и разгибание...» и силовой выносливостью в сложном двигательном тесте («поднимание туловища...»). В 8 лет ведущим физическим качеством является координация (тест «челночный бег»), силовая выносливость, оцениваемая в сложном

двигательном тесте («поднимание туловища...»), связанная с проявлениями скоростно-силовых возможностей нижних конечностей (тест «прыжок в длину»), выносливостью (тест «6-минутный бег») и силовой выносливостью в тесте «сгибание и разгибание...». Для группы девятилетних мальчиков комплекс выделенных показателей физической подготовленности описывается выносливостью (тест «6-минутный бег») и скоростно-силовыми проявлениями нижних конечностей, относительно равно связанных с быстротой. Группа десятилетних мальчиков среди значимых показателей физической подготовленности выделяет преимущество качеств координации и выносливости, связанных при несколько меньшей значимости гибкости («наклон вперед из положения стоя»). Сила кисти в абсолютном и относительном выражении в 9 и 10 лет представлена в третьем факторе, вклад которого в обобщенную дисперсию составляет 8,6-9,0%, что в группе 8 лет отсутствует. В группе 7-летних мальчиков представлена в четвертом факторе при обобщенной дисперсии в 7,8%. Гибкость в тесте «наклон вперед стоя» отдельно выделяется в пятом факторе совместно с силой кисти (правая рука) в возрасте 6 лет.

По результатам факторного анализа в каждой из возрастных групп девочек выявлено 6–7 факторов, описывающих 79,1–83,7% общей дисперсии. Было выявлено, что наиболее представительные комплексы размеров тела для возрастов 6–10 лет описаны в первом факторе. Дисперсия первых факторов охватывает 33,6 – 44%.

Комплекс показателей физической подготовленности в возрасте 6 лет представлен в 2-х факторах (2-ой фактор – 17,2% общей дисперсии, 5-ый фактор – 7,2% общей дисперсии). В возрасте 7 лет – в 3-х факторах (2-й фактор – 10,1% общей дисперсии, 3-ий фактор – 7,4% общей дисперсии, 5-тый фактор – 5,9% общей дисперсии). В возрасте 8 лет – в 3-х факторах (2 фактор – 8,1% общей дисперсии, 3-й фактор – 7,7% общей дисперсии и 5-ый фактор – 6,1% общей дисперсии). В возрасте 9 лет – в 2-х факторах (2 фактор – 9,8% общей дисперсии, 4-ый фактор – 6,8% общей дисперсии). В возрасте 10 лет представлен в

2-х факторах (2 фактор – 10% общей дисперсии, 5-ый фактор – 6,3% общей дисперсии).

В шестилетнем возрасте, по результатам испытаний, ведущие физические качества, оценивающие силовые проявления в сложных двигательных тестах, – «сгибание разгибание рук в упоре», координационные способности – тест «челночный бег», быстроту – тест «бег 30 м» и выносливость – тест «6-минутный бег»; при несколько меньшей значимости гибкость – «наклон вперед из положения стоя». В 7-летнем возрасте на первое место выходит качество координации (тест «челночный бег») и выносливости (тест «6-минутный бег»). В 8 лет ведущим физическим качеством является гибкость («наклон вперед из положения стоя»), при несколько меньшей значимости – координационные способности (тест «челночный бег») и выносливость (тест «6-минутный бег»). Для группы девятилетних девочек ведущим физическим качеством является гибкость («наклон вперед из положения стоя»), связанная с проявлениями скоростно-силовых качеств (тест «прыжок в длину с места») и при несколько меньшей значимости – выносливость (тест «6-минутный бег»). Для десятилетних девочек преимущественным физическим качеством по результатам испытаний оказалась выносливость (тест «6-минутный бег»), которая связана с проявлением координационных способностей (тест «челночный бег»). Сила кисти в абсолютном и относительном выражении в 6 и 10 лет представлена в третьем факторе, вклад которого в обобщенную дисперсию составляет 8 – 10,5%, что, напротив, в 9 лет у девочек ни в одном из факторов не представлено.

#### **Выводы.**

1. С целью объективизации выявления соотношения комплексов показателей морфофункционального статуса и физической подготовленности был проведен факторный анализ, в который вошло 30 переменных. В результате анализа в каждой из возрастных групп мальчиков выявлено 6–8 факторов, в каждой из возрастных групп девочек – 6–7 факторов.

2. Результаты исследования свидетельствуют о разнонаправленном вкладе использованных переменных в структуру показателей, влияющих на уровень физической подготовленности учащихся 1–4-х классов.

#### **Список литературы**

1. Абрамова, Т. Ф. Влияние систематических занятий спортом на физическое развитие и физическую подготовленность детей 6–10 лет / Т.Ф. Абрамова [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. – № 3. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2019. – С. 5–14. DOI: 10.32521/2074-8132.2019.3.005-014.
2. Главные компоненты и факторный анализ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stfacan.html> – Дата доступа: 10.09.2023.
3. Денисова, Л. В. Измерение и методы математической статистики в физическом воспитании и спорте: учеб. пособ. для вузов / Л. В. Денисова, И. В. Хмельницкая, Л.А. Харченко. – Киев : Олимпийская литература. – 2008. – 128 с.
4. Кузнецова, Е. Т. Определение рациональной структуры физической и функциональной подготовленности футболистов 13–14 лет на основе корреляционного анализа / Е. Т. Кузнецова, Д. И. Хомицевич // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя грамадскіх і гуманітарных навук. – 2022. – № 2. – С. 65–72.
5. Кузнецова, Е. Т. Компонентный состав тела у детей дошкольного и младшего школьного возраста г. Пинска и Пинского района Республики Беларусь / Е. Т. Кузнецова, В. М. Дронова, Н. В. Руденко // Здоровье для всех. – Пинск, 2023. – С 62–68.
6. Халафян, А. А. STATISTICA6. Статистический анализ данных. 3-е изд.: учебник / А. А. Халафян. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.
7. Факторный анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/741064/>. – Дата доступа: 13.10.2023.

#### **References**

1. Abramova T. F., Nikitina T. M., Polfuntikova A. V., Iordanskaya F. A., Zyurin E. A., Petruk Ye. N., Tarasova L. V., Mikhalev S. V., Gilyarova O. A. Vliyaniye sistematcheskikh zanyatiy sportom na fizicheskoye razvitiye i fizicheskuyu podgotovlennost' de- tey 6–10 let [The influence of systematic sports on the physical development and phys-

- ical fitness of children 6–10 years old]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23: Antropologiya* [Bulletin of Moscow University. Episode 23: Anthropology]. Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 2019, no 3, pp. 5–14. DOI: 10.32521/2074-8132.2019.3.005-014 (In Russian)
2. *Glavnyye komponenty i faktornyy analiz* [Principal components and factor analysis]. (In Russian). Available at: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stfacan.html> (accessed: 10.09.2023).
  3. Denisova L.V., Khmel'nitskaya I.V., Kharchenko L.A. *Izmereniye i metody matematicheskoy statistiki v fizicheskoy vospitaniye i sporte: ucheb. posob. dlya vuzov* [Measurement and methods of mathematical statistics in physical education and sports: textbook allowance for universities]. Kiyev, Olimpiyskaya literature, 2008, 128 p. (In Ukrainian)
  4. Kuznetsova Ye. T., Khomitsevich D. I. *Opredeleeniye ratsional'noy struktury fizicheskoy i funktsional'noy podgotovlennosti futbolistov 13–14 let na osnove korrelyatsionnogo analiza* [Determination of the rational structure of physical and functional readiness of football players aged 13–14 years based on correlation analysis] *Vesnik Paleskaga dzyarzhavnaga universiteta. Seriya gramadskikh i gumanitarnykh navuk* [Bulletin of Polesky State University. Series in Social Sciences and Humanities], 2022, no 2, pp. 65–72 (In Russian)
  5. Kuznetsova Ye. T., Dronova V. M., Rudenko N. V. *Komponentnyy sostav tela u detey doskol'nogo i mladshogo shkol'nogo vozrasta g. Pinska i Pinskogo rayona Respubliki Belarus'* [Component composition of the body in children of preschool and primary school age in Pinsk and the Pinsk region of the Republic of Belarus] *Zdorov'ye dlya vseh* [Health for All]. Pinsk, 2023, pp. 62–68 (In Russian)
  6. Khalafyan A. A. *STATISTICA6. Statisticheskyy analiz dannykh. 3-ye izd: uchebnyk* [STATISTICA6. Statistical data analysis] M.: OOO «Binom-Press», 2007, 512 p. (In Russian)
  7. *Faktornyy analiz* [Factor analysis]. (In Russian). Available at: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/741064/> (accessed: 13.10.2023).

*Received 2 October 2023*