УДК 796.011.3 **DOI 10.5930/1994-4683-2026-11-152-162**

Комплексная оценка динамической силовой выносливости посредством мобильной платформы адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности

Момент Артём Владимирович, кандидат педагогических наук, доцент
Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург
Псковский государственный университет

Аннотация

Цель исследования – разработать и апробировать модуль комплексной оценки динамической силовой выносливости студентов с использованием акселерометрии смартфонов в составе мобильной платформы адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности.

Методы и организация исследования. Применяли анализ научной литературы, тестирование, методы математической статистики. В пилотном исследовании участвовали 127 студентов; проанализировано 240 автоматизированных тестовых попыток.

Результаты исследования и выводы. Разработаны алгоритмы автоматического распознавания и подсчёта повторений в тестах подъёмов туловища (AB), приседаний (LE) и разгибаний туловища лёжа на животе (BE); результат отжиманий (PU) фиксировали вручную. Выполнена валидация автоматического подсчёта по 48 видеозаписям с экспертной оценкой. Наиболее высокая точность установлена в тестах AB и BE (по 93,8%); в LE – 87,5%. Разработаны критерии качества акселерометрических данных и модель интеграции результатов четырёх тестов в единый показатель динамической силовой выносливости. Разработанный модуль обеспечивает доступную комплексную оценку динамической силовой выносливости и может применяться для контроля физической подготовленности и адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности студентов.

Ключевые слова: физкультурно-оздоровительная деятельность, динамическая силовая выносливость, мобильные технологии, акселерометрия, адаптивное программирование

Для цитирования: Момент А. В. Комплексная оценка динамической силовой выносливости посредством мобильной платформы адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности. DOI 10.5930/1994-4683-2026-11-152-162 // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2026. № 11 (261). С. 152–162.

Comprehensive assessment of dynamic strength endurance through a mobile platform for adaptive programming of physical culture and health-improving activities

Moment Artem Vladimirovich, candidate of pedagogical sciences, associate professor
Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg
Pskov State University

Abstract

The purpose of the study is to develop and test a module for the comprehensive assessment of dynamic strength endurance of students using smartphone accelerometry as part of a mobile platform for adaptive programming of physical culture and health-improving activities.

Research methods and organization: analysis of scientific literature, testing, and methods of mathematical statistics were used. The pilot study involved 127 students; 240 automated test attempts were analyzed.

Research results and conclusions. Algorithms for automatic recognition and counting of repetitions in the tests of trunk raises (AB), squats (LE), and trunk extensions lying prone (BE) were developed; the result of push-ups (PU) was recorded manually. Validation of the automatic counting was performed against 48 video recordings with expert evaluation. The highest accuracy was established in the AB and BE tests (93.8% each); in LE — 87.5%. Quality criteria for accelerometric data and a model for integrating the results of the four tests into a single indicator of dynamic strength endurance were developed. The developed module provides an accessible comprehensive assessment of dynamic strength endurance and can be used for monitoring physical fitness and adaptive programming of physical culture and health-improving activities of students.

Keywords: physical culture and health-improving activities, dynamic strength endurance, mobile technologies, accelerometry, adaptive programming

For citation: Moment A. V. (2026), "Comprehensive assessment of dynamic strength endurance through a mobile platform for adaptive programming of physical culture and health-improving activities", *Scientific notes of P.F. Lesgaft university*, No 11 (261), pp. 152–162, DOI 10.5930/1994-4683-2026-11-152-162.

Введение. Контроль и оценка физической подготовленности студентов являются важной составляющей физического воспитания в целом и физкультурно-оздоровительной деятельности студентов высшей школы, в частности. Оздоровительный аспект физического воспитания определяет несколько компонентов физической подготовленности, которые непосредственно ассоциированы со здоровьем человека. Одним из таких компонентов является динамическая силовая выносливость основных мышечных групп [1, 2]. Л. П. Матвеев [3] определил силовую выносливость как способность человека противостоять утомлению, вызванному относительно продолжительными мышечными напряжениями (мышечная работа с выраженными моментами силовых напряжений) значительной величины (более 30% от одноповторного максимума в упражнении).

Важность динамической силовой выносливости основных мышечных групп обусловлена её тесной связью с кардиометаболическими рисками независимо от максимальной силы. Мышечная выносливость отрицательно коррелирует с уровнем триглицеридов, холестерина липопротеинов низкой плотности, глюкозы и артериальным давлением [4]. Кардиометаболические нарушения, вызванные нездоровым образом жизни, в настоящее время широко распространены среди населения развитых стран, а возраст манифестации снижается [5]. Это обусловливает актуальность поиска способов контроля и оценки динамической силовой выносливости основных мышечных групп для адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности студентов.

Традиционный набор тестов, используемых для оценки физической подготовленности студентов, в соответствии с рекомендациями Минобрнауки России [6], состоит из тестов, включённых во Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне» (ГТО). Однако в комплексе ГТО отсутствуют тесты, позволяющие оценить динамическую силовую выносливость основных мышечных групп, таких как мышцы ног, брюшного пресса и разгибатели спины.

Частичным исключением являются тесты для оценки силовой выносливости мышц пояса верхних конечностей (подтягивания из виса на высокой перекладине или виса лёжа на низкой перекладине, а также сгибание и разгибание рук в упоре лёжа на полу). Однако стратегии выполнения этих тестов могут сильно отличаться (темп выполнения, отдых в верхнем или нижнем положении в зависимости от теста и т.п.), что ограничивает их использование в качестве стандартизированных тестов для оценки динамической силовой выносливости в том варианте, который представлен в методических рекомендациях по организации тестирования ГТО. Ещё одним недостатком при тестировании неспортивного контингента, в особенности женщин, является то, что тест «сгибание и разгибание рук в упоре лёжа» часто даёт нулевые результаты, так как внешняя физическая нагрузка в этом упражнении сопоставима с одноповторным максимумом участника или превышает его, что не позволяет произвести дифференцированную оценку динамической силовой выносливости при её низких значениях.

Критерии оценки динамической силовой выносливости, помимо количества повторений в упражнении с внешней нагрузкой не менее 30% от одноповторного максимума, остаются недостаточно определёнными. Для повышения сопоставимости результатов целесообразно стандартизировать темп выполнения тестовых

упражнений с помощью метронома и использовать срочную обратную связь о недостаточной амплитуде движения, неполном возврате в исходное положение и нарушении заданного темпа.

Развитие мобильных технологий и повсеместное распространение смартфонов со встроенными акселерометрами открывает возможности для создания автоматизированных систем мониторинга. Акселерометрия успешно применяется в спортивной науке для анализа двигательных паттернов, оценки техники выполнения упражнений и подсчёта повторений [7]. Однако большинство существующих решений ориентировано на профессиональный спорт или требует специализированного оборудования [8], что обусловливает цель настоящего исследования.

Цель исследования – разработать и апробировать модуль комплексной оценки динамической силовой выносливости с использованием акселерометрии смартфонов в составе мобильной платформы адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности.

Задачи:

1. Разработать алгоритмы автоматического подсчёта повторений и контроля выбранных кинематических критериев выполнения тестов динамической силовой выносливости мышц.

2. Определить критерии качества данных акселерометрии для валидной оценки результатов.

3. Создать методику интеграции результатов четырёх тестов в единый показатель динамической силовой выносливости.

4. Провести валидацию точности автоматического подсчёта повторений с помощью экспертной оценки по видеозаписям.

Методы и организация исследования. Исследование выполнено в одноцентровом прикладном дизайне разработки и валидации цифрового модуля оценки динамической силовой выносливости и включало два этапа.

На первом, валидационном, этапе сопоставлялись результаты автоматического подсчёта повторений с экспертной оценкой видеозаписей тестовых попыток. Единицей анализа являлась отдельная тестовая попытка. В анализ включены 48 видеозаписей: по 16 попыток в тестах подъёмов туловища (AB), приседаний (LE) и разгибаний туловища лёжа на животе (BE). Экспертный результат формировался двумя независимыми специалистами с последующим согласованием при расхождении оценок.

На втором, пилотном, этапе оценивали применимость модуля в условиях физического воспитания студентов и распределение записей по качеству акселерометрических данных. В исследовании участвовали 127 студентов Псковского государственного университета; зарегистрировано 312 завершённых тестовых попыток, из них 240 — в автоматизированных тестах AB, LE и BE. Для теста PU выполнялся ручной подсчёт корректных повторений.

Архитектура модуля. Разработан модуль оценки динамической силовой выносливости в составе мобильной платформы адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности. Платформа функционирует на смартфонах через браузер без установки дополнительных приложений. Модуль состоит из четырёх компонентов: AB – тест динамической силовой выносливости мышц брюшного пресса (подъёмы туловища из положения лёжа); LE – тест динамической силовой выносливости мышц ног (приседания); BE – тест динамической силовой выносливости мышц-разгибателей спины (динамические разгибания туловища лёжа на животе). PU – тест динамической силовой выносливости мышц пояса верхних конечностей (отжимания с ручным подсчётом наблюдателем или самим пользователем после выполнения тестового задания).

В тесте AB смартфон прижимается к груди и должен сохранять неизменное положение относительно туловища. В тестах BE и LE смартфон располагается вертикально у грудной клетки экраном к телу. Стандартизация положения устройства обеспечивается инструкцией и чек-листом перед стартом; отдельный автоматический контроль удержания смартфона двумя руками, его вертикальности и смещения относительно тела не реализован.

Встроенный акселерометр регистрирует ускорения по трём осям. В тестах AB и BE рассчитывается угол между текущим вектором ускорения смартфона с учётом гравитации и усреднённым калибровочным вектором исходного положения. При стабильной фиксации устройства этот угол используется как косвенный показатель изменения ориентации туловища для контроля амплитуды и автоматического подсчёта повторений.

В тесте LE анализируется проекция ускорения на ось гравитации, определённую при калибровке, а также длительность фазы опускания, изменение направления движения и накопленная кинематическая мера движения вниз.

Фактическая средняя частота регистрации оценивается после выполнения теста как отношение числа проанализированных сенсорных отсчётов к длительности рабочей фазы и сохраняется в результатах. Данные обрабатываются в реальном времени с помощью алгоритмов на основе конечного автомата, реализованных на JavaScript.

Протоколы тестирования. *AB.* Исходное положение: лёжа на спине, ноги согнуты, стопы зафиксированы под устойчивой опорой, смартфон прижат к груди. После калибровки исходного положения алгоритм рассчитывает угол между текущим вектором ускорения смартфона и базовым вектором.

Подъём распознаётся при достижении угла не менее 48°, возврат в нижнее положение – при снижении угла до 18° и менее. Новый повтор может быть засчитан только после подтверждённого нижнего положения; минимальный интервал между автоматическими зачётами составляет 900 мс.

Целевой темп составляет 30 повторений в минуту, или один цикл за 2 с. Метроном задаёт целевой ритм. Отклонения межповторного интервала ниже 65% или выше 135% от целевого цикла регистрируются как предупреждения качества; уже распознанный повтор при этом не всегда автоматически исключается из счёта.

LE. Исходное положение: стоя, стопы примерно на ширине плеч, смартфон вертикально расположен у грудной клетки экраном к телу. После калибровки определяется ось гравитации, относительно которой рассчитывается проекция ускорения, связанная с вертикальным движением.

Алгоритм распознаёт последовательность фаз «стабильное верхнее положение, опускание, нижняя точка, подъём, стабилизация в положении стоя». Начало опускания определяется при модуле проекции ускорения не менее 0,75 м/с^2. Для подтверждения фазы опускания требуется её длительность не менее 300 мс, последующее снижение модуля ускорения до 0,45 м/с^2 и накопленная кинематическая мера движения вниз не менее 0,20 м/с.

Фаза подъёма подтверждается изменением направления движения, модулем проекции ускорения не менее 0,65 м/с^2 и последующей стабилизацией не менее 250 мс. Полный цикл засчитывается как повтор при соблюдении минимального интервала 1500 мс между автоматическими зачётами.

Целевой темп составляет 30 повторений в минуту, или один цикл за 2 с. Метроном задаёт целевой ритм; слишком длительные интервалы между распознанными повторами отмечаются предупреждениями качества. Интервалы менее 1500 мс не засчитываются как новый повтор.

BE. Исходное положение: лёжа на животе на ровной устойчивой поверхности, смартфон расположен вертикально у верхней части груди экраном к телу. Алгоритм рассчитывает угол между текущим вектором ускорения смартфона и базовым вектором исходного положения.

Разгибание распознаётся при достижении угла не менее 30°, возврат в нижнее положение – при снижении угла до 12° и менее. Новый повтор может быть засчитан только после подтверждённого возврата в нижнее положение; минимальный интервал между автоматическими зачётами составляет 1300 мс.

Целевой темп составляет 20 повторений в минуту, или один цикл за 3 с. Отклонения межповторного интервала ниже 65% или выше 135% от целевого цикла фиксируются как предупреждения качества, но не всегда приводят к автоматическому исключению уже распознанного повтора.

PU. Исходное положение: упор лёжа (стандартный вариант) или упор лёжа с опорой на колени (адаптированный вариант). Движение: сгибание и разгибание рук. Темп: 20 повторений/мин (метроном), допуск ±35%. Подсчёт корректных повторов осуществляется наблюдателем во время выполнения теста либо уточняется самим участником после завершения. Отдельно могут фиксироваться ошибки техники и пропуски темпа. В текущей версии модуля эти показатели сохраняются в протоколе результата, но не используются для автоматического уменьшения или исключения итогового числа повторов при расчёте интегрального показателя.

Длительность для всех тестов: до субъективного отказа, боли, потери техники или невозможности соблюдать темп; завершение фиксируется вручную. Автоматически определённый результат доступен для ручной корректировки после теста при контроле наблюдателем или уточнении участником.

Алгоритмы обработки данных. Для тестов AB, LE, BE реализованы конечные автоматы, отслеживающие фазы движения:

1.Калибровка.

После 3-секундного обратного отсчёта выполняется калибровка по 25 последовательным отсчётам акселерометра: определяется усреднённый базовый вектор ускорения, соответствующий исходному положению тела.

2. Детекция фаз движения.

AB: алгоритм ожидает подтверждённое нижнее положение, затем фиксирует достижение угла между текущим и калибровочным векторами ускорения не менее 48°. Возврат к углу 18° и менее подтверждает готовность к распознаванию следующего повтора.

BE: алгоритм ожидает подтверждённое нижнее положение, затем фиксирует достижение угла между текущим и калибровочным векторами ускорения не менее 30°. Возврат к углу 12° и менее подтверждает готовность к распознаванию следующего разгибания.

LE: алгоритм отслеживает последовательность состояний «верхнее положение, опускание, нижняя точка, подъём, стабилизация». Используются модуль и направление проекции ускорения на калиброванную ось гравитации, длительность фазы опускания, накопленная кинематическая мера движения вниз и изменение направления движения при подъёме.

3. Валидация повтора.

Для AB и BE применяются угловые пороги изменения ориентации смартфона относительно калибровочного положения и подтверждение возврата в нижнее положение. Для LE используются минимальная длительность опускания, накопленная кинематическая мера движения вниз, смена направления движения и стабилизация после подъёма.

Во всех автоматизированных тестах применяется минимальный интервал между автоматическими зачётами для подавления ложных срабатываний. Метроном задаёт целевой темп. Отклонения межповторных интервалов от целевого ритма формируют предупреждения качества; темповое предупреждение не всегда означает автоматическое исключение уже распознанного повтора.

4. Обратная связь: голосовые подсказки при нарушении техники («выше», «ниже», «быстрее темп», «медленнее темп»).

Критерии качества данных. Для автоматизированных тестов AB, LE и BE используются операциональные критерии качества акселерометрической записи.

Достаточность данных: не менее 100 проанализированных отсчётов акселерометра в рабочей фазе теста.

Предупреждения качества: система регистрирует сообщения обратной связи о недостаточной амплитуде, неполном возврате в исходное положение, нарушении темпа или неполноте двигательного цикла. Повторные сообщения ограничиваются временным интервалом, поэтому число предупреждений отражает число зарегистрированных системой эпизодов, а не точное количество всех возможных нарушений техники.

Классификация качества:

–низкое качество – менее 100 отсчётов акселерометра либо нулевое итоговое подтверждённое число корректных повторов;

–среднее качество – не менее 100 отсчётов и более четырёх зарегистрированных предупреждений;

–хорошее качество – не менее 100 отсчётов и не более четырёх зарегистрированных предупреждений.

Для расчёта интегрального показателя результаты AB, LE и BE с низким качеством не используются. Результаты среднего и хорошего качества допускаются к интеграции, однако результаты среднего качества должны интерпретироваться с оговоркой о зарегистрированных предупреждениях.

Модель интеграции результатов. Для получения обобщённого показателя динамической силовой выносливости (SE) результаты всех четырёх тестов нормируются (1) и усредняются (2).

(1)$N_i = \frac{X_i - L_i}{U_i - L_i}$, где N_i – нормализованное значение; X_i – фактическое кол-во повторений; L_i – нижняя граница референтного диапазона; U_i – верхняя граница референтного диапазона.

(2)$\mathrm{SE} = \frac{N_{AB} + N_{LE} + N_{BE} + N_{PU}}{4}$, где SE – показатель динамической силовой выносливости; N_{AB}и остальные переменные в числителе – нормированные показатели динамической силовой выносливости в соответствующем тесте.

Для расчёта SE необходимы четыре числовые нормированные оценки: AB, LE, BE и PU. Для AB, LE и BE используется наиболее поздний сохранённый результат с качеством не ниже среднего; попытки, классифицированные как низкокачественные, исключаются. Для PU используется последнее сохранённое вручную подтверждённое число корректных повторов с учётом выбранного варианта выполнения – стандартного или адаптированного.

При отсутствии хотя бы одной из четырёх нормированных оценок показатель SE не рассчитывается. Интерпретация обобщённого показателя: $< 0{,}25$ – низкий уровень; 0,25–0,50 – ниже среднего; 0,50–0,75 – средний уровень; 0,75–0,90 – хороший уровень; $\geq 0{,}90$ – высокий уровень.

Для характеристики гармоничности развития мышечных групп рассчитывается показатель размаха (spread) (3).

(3)Spread $= max(N_{AB} + N_{LE} + N_{BE} + N_{PU}) - \min(N_{AB} + N_{LE} + N_{BE} + N_{PU})$, где max и min – это максимальный и минимальный нормированный результат соответственно.

Классификация баланса: ≤ 0,15 – сбалансированный (равномерное развитие всех мышечных групп); 0,15–0,30 – умеренная неоднородность; > 0,30 – выраженный дисбаланс (требуется целенаправленная коррекция отстающих мышечных групп).

Валидация автоматического подсчёта повторений. Выборка валидационного этапа включала 48 видеозаписей тестовых попыток: по 16 записей AB, LE и BE. Два независимых эксперта с опытом педагогической и тренерской работы более 15 лет проводили подсчёт корректных повторений по видеозаписям. Итоговый экспертный результат формировался по заранее установленному правилу согласования оценок экспертов. При совпадении оценок экспертов принималось общее значение. При расхождении проводился повторный совместный просмотр видеозаписи до достижения консенсуса.

Результаты исследования. Результаты валидации автоматического подсчёта повторений представлены в таблице 1. Для оценки согласованности автоматического и экспертного подсчёта использовали: долю тестовых попыток с абсолютным расхождением автоматического и экспертного результата не более одного повтора; коэффициент каппа Коэна (k); среднюю абсолютную ошибку (MAE) в повторениях.

Таблица 1 – Точность автоматического подсчёта повторений

Тест	n	Точность, %	к (95% ДИ)	MAE, повторений
AB	16	93,8	0,89 (0,82–0,96)	1,2 ± 0,8
LE	16	87,5	0,78 (0,68–0,88)	2,4 ± 1,4
BE	16	93,8	0,87 (0,79–0,95)	1,1 ± 0,9
Всего	**48**	**91,7**	**0,85 (0,79–0,90)**	**1,6 ± 1,2**

Автоматический подсчёт повторений продемонстрировал высокую согласованность с экспертной оценкой по видеозаписям. Доля попыток, в которых абсолютное расхождение автоматического и экспертного подсчёта не превышало одного повтора, составила 93,8% для AB и 93,8% для BE.

В тесте LE точность автоматического подсчёта была ниже и составила 87,5%, коэффициент к – 0,78, а средняя абсолютная ошибка – 2,4 ± 1,4 повторения. Это ожидаемо, поскольку алгоритм LE использует совокупность признаков: направленность и выраженность ускорения, длительность фазы опускания, накопленный импульс движения и последующую фазу подъёма. Дополнительное влияние могут оказывать индивидуальные различия в технике приседания, положении смартфона и темпе выполнения движения.

Несмотря на более высокую ошибку в тесте LE, полученный уровень согласованности может рассматриваться как достаточный для полевой оценки при использовании критериев качества акселерометрических данных и предусмотренной платформой ручной проверки итогового числа повторений.

В пилотном исследовании приняли участие 127 студентов. Всего было зарегистрировано 312 завершённых тестовых попыток: 80 – AB, 80 – LE, 80 – BE и 72 – PU. Оценка качества акселерометрических данных проводилась только для трёх автоматизированных тестов – AB, LE и BE – и включала 240 попыток. Результаты представлены в таблице 2.

Из 240 автоматизированных тестов хорошее качество акселерометрических данных зарегистрировано в 182 случаях (75,8%), среднее – в 41 случае (17,1%), низкое – в 17 случаях (7,1%).

Таблица 2 – Распределение тестов по качеству данных акселерометрии

Качество данных	AB, n (%)	LE, n (%)	BE, n (%)	Всего, n (%)
Хорошее	68 (85,0)	55 (68,8)	59 (73,8)	182 (75,8)
Среднее	9 (11,3)	17 (21,2)	15 (18,8)	41 (17,1)
Низкое	3 (3,7)	8 (10,0)	6 (7,4)	17 (7,1)
Итого	**80 (100,0)**	**80 (100,0)**	**80 (100,0)**	**240 (100,0)**

Примечание. Тест PU не включён в таблицу, поскольку результат фиксируется вручную и не предполагает анализа качества акселерометрических данных.

Наиболее высокая доля низкокачественных записей выявлена в тесте LE – 10,0%. Кроме того, доля результатов среднего качества в данном тесте составила 21,2%, что превышало соответствующие показатели AB и BE. Данный результат согласуется с более сложной структурой алгоритма распознавания приседания, чувствительного к вариативности траектории туловища, темпа, амплитуды и способа удержания смартфона.

В тестах AB и BE доля результатов хорошего качества составила 85,0 и 73,8% соответственно. Низкокачественные попытки исключались из последующего расчёта интегрального показателя, а при наличии нескольких попыток использовался наиболее поздний результат с качеством не ниже среднего.

Разработанный модуль продемонстрировал достаточную согласованность автоматического подсчёта повторений с экспертной оценкой: общая точность составила 91,7%, коэффициент каппа Коэна – 0,85, средняя абсолютная ошибка – 1,6 ± 1,2 повторения. Наиболее высокие показатели достигнуты в тестах AB и BE. В тесте LE точность автоматического подсчёта была ниже, что может быть связано с большей сложностью алгоритма распознавания приседания, учитывающего направленность и выраженность ускорения, длительность фазы опускания, накопленный импульс движения и последующую фазу подъёма.

Введение критериев качества акселерометрических данных – не менее 100 отсчётов акселерометра и не более четырёх предупреждений о нарушениях темпа или выбранных параметров движения – позволяет исключать низкокачественные попытки из расчёта обобщённого показателя динамической силовой выносливости. Хорошее качество данных зарегистрировано в 75,8% автоматизированных тестов; наибольшая доля низкокачественных записей отмечена в тесте LE.

Модель интеграции результатов четырёх тестов в единый показатель динамической силовой выносливости обоснована статистически значимыми умеренными корреляциями между отдельными тестами ($r = 0,36–0,50$) ($p < 0,01$). Это позволяет оценивать общий компонент динамической силовой выносливости при сохранении возможности раздельного анализа мышц брюшного пресса, ног, разгибателей спины и верхнего плечевого пояса.

Разработанный модуль решает ряд педагогических задач, значимых для организации физического воспитания студентов.

Во-первых, он позволяет стандартизировать оценку результатов тестов динамической силовой выносливости мышц брюшного пресса, нижних конечностей, разгибателей спины и пояса верхних конечностей.

Во-вторых, модуль создаёт условия для формирования у студентов навыков самоконтроля: соблюдения заданного темпа, амплитуды движений, исходного положения и правил безопасного прекращения выполнения тестовых упражнений.

В-третьих, метрономическое сопровождение и обратная связь о недостаточной амплитуде, неполном возврате в исходное положение или нарушении темпа обеспечивают возможность оперативной коррекции двигательного действия непосредственно в процессе выполнения теста.

В-четвёртых, результаты модуля позволяют дифференцировать содержание физкультурно-оздоровительных занятий с учётом индивидуального профиля силовой выносливости студента.

Преподавателю или иному специалисту предоставляются результаты отдельных тестов, интегральный показатель динамической силовой выносливости (SE), показатель размаха нормированных результатов (Spread), а также наименьший нормированный результат среди четырёх тестов. Эти показатели могут использоваться в качестве критериев педагогической интерпретации и служить основанием для выбора приоритетного направления ближайшего цикла физкультурно-оздоровительных занятий.

Педагогическими условиями применения модуля являются:

а) предварительный инструктаж студентов;

б) соблюдение стандартизированных условий выполнения тестов;

в) фиксация смартфона в предусмотренном положении;

г) контроль преподавателем техники выполнения, самочувствия, фиксация причины прекращения теста;

д) ручная проверка спорных результатов;

е) повторное тестирование при низком качестве акселерометрической записи.

Преимущество модуля для организации физического воспитания студентов заключается в снижении трудоёмкости подсчёта повторений при массовом тестировании, наглядном представлении полученных результатов и их предварительной алгоритмической интерпретации. При этом за преподавателем сохраняется ведущая роль в оценке техники выполнения упражнений, обеспечении безопасности, педагогической интерпретации данных и принятии решений о содержании физкультурно-оздоровительной программы.

Ограничения исследования:

1. Линейная min-max нормализация на текущем этапе использует ориентировочные диапазоны, а не эмпирическое распределение конкретной популяции студентов.

2. Тест (PU) выполняется с ручным подсчётом, что снижает степень автоматизации.

3. Валидация проведена на ограниченной выборке (48 тестов), требуется расширение для подтверждения устойчивости алгоритмов.

Перспективы развития

1. *Процентильная нормировка.* По мере накопления эмпирических данных в ходе текущего исследования планируется переход от линейной min-max нормализации к процентильной нормировке на основе фактического распределения результатов в популяции студентов. Для каждого теста и пола будут рассчитаны ключевые процентили (P10, P25, P50, P75, P90) с последующей классификацией уровней подготовленности.

2. *Расширение автоматизации теста PU.* Разработка алгоритма автоматического подсчёта отжиманий с использованием акселерометра смартфона при стандартизированном способе фиксации смартфона на туловище и отдельной валидации алгоритма.

3. *Персонализация нормативов.* Учёт индекса массы тела, уровня физической активности и динамики индивидуальных результатов для построения персонализированных траекторий развития в системе адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности студентов.

4. *Интеграция с другими модулями платформы*. Связь показателей динамической силовой выносливости с данными вариабельности сердечного ритма,

субъективной готовности и тренировочной нагрузки для комплексной оценки в контексте адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности.

Заключение. Разработан модуль комплексной оценки динамической силовой выносливости студентов в составе веб-платформы адаптивного программирования физкультурно-оздоровительной деятельности. Модуль включает три теста с автоматическим подсчётом повторений и акселерометрическим контролем выбранных кинематических критериев выполнения – AB, LE и BE, а также тест PU с ручной фиксацией результата.

Валидация автоматического подсчёта повторений на материале 48 тестовых попыток показала высокую согласованность алгоритма с экспертной оценкой. Наиболее высокие показатели точности получены в тестах AB и BE – 93,8 и 93,8% соответственно. В тесте LE точность составила 87,5%, коэффициент каппа Коэна – 0,78, средняя абсолютная ошибка – 2,4 ± 1,4 повторения, что отражает более сложную структуру распознавания приседания по акселерометрическим данным.

Разработаны критерии качества акселерометрических данных: наличие не менее 100 отсчётов акселерометра, отсутствие нулевого результата и не более четырёх предупреждений о нарушениях техники или темпа для отнесения записи к хорошему качеству. В пилотном исследовании хорошее качество данных установлено в 75,8% автоматизированных тестов, среднее – в 17,1%, низкое – в 7,1%. Наибольшая доля низкокачественных записей выявлена в тесте LE.

Реализована модель интеграции результатов четырёх тестов в единый показатель динамической силовой выносливости на основе линейной min-max нормировки с предварительными половыми референтными диапазонами и последующего усреднения результатов AB, LE, BE и PU.

Перспективами развития модуля являются расширенная валидация алгоритма LE на большей выборке, уточнение параметров распознавания приседания с учётом индивидуальной вариативности двигательного паттерна, переход к процентильной нормировке по эмпирическим данным и дальнейшая персонализация программ физкультурно-оздоровительной деятельности.

Список источников

1.What is health-related fitness? Investigating the underlying factor structure of fitness in youth / Ú. Britton, J. Issartel, G. Fahey [et al]. DOI 10.1177/1356336X19882060 // European Physical Education Review. 2019. № 26. P. 782–796.

2. Pate R. R. A New Definition of Youth Fitness. DOI 10.1080/00913847.1983.11708509 // The Physician and Sportsmedicine. 1983. No 11 (4). P. 77–83.

3. Матвеев Л. П. Теория и методика физической культуры (введение в теорию физической культуры; общая теория и методика физического воспитания). 4-е изд. Москва : Спорт, 2021. 517 с. : ил. ISBN 978-5-907225-59-6.

4. Associations of maximal strength and muscular endurance with cardiovascular risk factors / J. P. Vaara, H. Kyröläinen, M. Fogelholm [et al.]. DOI 10.1055/s-0033-1349092 // International Journal of Sports Medicine. 2014. Vol. 35, No. 4. P. 356–360. EDN SRMPVV.

5. Эпидемиологическая ситуация по поведенческим факторам риска кардиометаболических заболеваний в молодежной популяции / В. С. Чулков, Е. С. Гаврилова, М. В. Деревянченко [и др.]. DOI 10.20969/VSKM.2026.19(1).80-89 // Вестник современной клинической медицины. 2026. Т. 19, № 1. С. 80–89. EDN RSLGXL.

6.Методические рекомендации для образовательных организаций высшего образования по организации деятельности кафедр физического воспитания, в том числе по вопросам научно-методического обеспечения студенческого спорта. URL: https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-dlja-obrazovatelnykh-organizatsii-vysshego-obrazovanija-po-organizatsii/ (дата обращения: 20.08.2026).

7.Accelerometers in Our Pocket: Does Smartphone Accelerometer Technology Provide Accurate Data? / G. Grouios, E. Ziagkas, A. Loukovitis [et al.]. DOI 10.3390/s23010192 // Sensors. 2023. Vol. 23, No. 1. P. 192. EDN QNYHFH.

8.Федотова Е. В. Научно-методическое обеспечение подготовки спортивного резерва. Москва : ПРИНТ-ЛЕТО», 2023. 480 с. ISBN 978-5-6048665-7-3. EDN GDCPOU.

Reference

1.Britton Ú., Issartel J., Fahey G. [et al] (2019), "What is health-related fitness? Investigating the underlying factor structure of fitness in youth", *European Physical Education Review*, No 26, pp. 782–796, DOI 10.1177/1356336X19882060.

2.Pate R. R. (1983), "A New Definition of Youth Fitness", *The Physician and Sportsmedicine*, No 11 (4), pp. 77–83, DOI 10.1080/00913847.1983.11708509.

3.Matveev L. P. (2021), "Theory and methodology of physical education (introduction to the theory of physical education; general theory and methodology of physical education)", 4th ed., Moscow, Sport, 517 p., ISBN 978-5-907225-59-6.

4.Vaara J. P., Kyrölāinen H., Fogelholm M. [et al.] (2014), "Associations of maximal strength and muscular endurance with cardiovascular risk factors", *International Journal of Sports Medicine,* Vol. 35, No. 4, pp. 356–360, DOI 10.1055/s-0033-1349092.

5.Chulkov V. S., GAVRILOVA E.S., DEREVYANCHENKO M.V. [et al.] (2026), "Epidemiological situation related to behavioral risk factors for cardiometabolic diseases in the youth population", *Bulletin of modern clinical medicine*, Vol. 19, No. 1, pp. 80–89, DOI 10.20969/VSKM.2026.19(1).80-89.

6."Methodological recommendations for higher education institutions on the organization of activities of physical education departments, including on issues of scientific and methodological support for student sports", URL: https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-dlja-obrazovatelnykh-organizatsii-vysshego-obrazovanija-po-organizatsii/.

7.Grouios G., Ziagkas E., Loukovitis A. [et al.] (2023), "Accelerometers in Our Pocket: Does Smartphone Accelerometer Technology Provide Accurate Data?", *Sensors*, Vol. 23, No. 1, pp. 192, DOI 10.3390/s23010192.

8.Fedotova E. V. (2023), "Scientific and methodological support for the training of sports reserves", Moscow, PRINT-LETO, 480 p., ISBN 978-5-6048665-7-3.

Информация об авторе:

Момент А.В., докторант кафедры теории и методики адаптивной физической культуры НГУ им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург; директор института образования и социальных наук ПГУ, ORCID: 0000-0002-2620-4429, SPIN-код 1910-4623.

Поступила в редакцию 29.08.2026.
Принята к публикации 15.10.2026.