

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 612.087:796.071.2

Матошко
Андрей Олегович

Приложение для контроля
энергозатрат спортсмена

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра
по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии

Научный руководитель
Сташишина Анна Михайловна
канд. техн. наук, доцент каф. ЭТТ

Минск 2024

Нормоконтроль
Ревинская Инна Ивановна

Работа выполнена на кафедре электронной техники и технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **СТАСИШИНА Анна Михайловна**,
доцент кафедры электронной техники и технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

Рецензент: **ПАРАМОНОВА Наталья Андреевна**,
доцент кафедры теории и методики физического воспитания и спорта учреждения образования «Белорусский государственный университет физической культуры», кандидат биологических, доцент

Защита диссертации состоится «25» апреля 2024 г. года в 12⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд. 413, тел. 293-20-80, E-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Здоровье и самочувствие человека напрямую обусловлено тем, какую еду он употребляет, зависит от её количества и качества. Питание должно быть различным и правильным для того, чтобы процесс обмена веществ был сбалансированным, т.к. оно влияет на жизнь человека во всех её аспектах и проявлениях. В случае если речь идет о спорте, контроль питания должен быть еще более тщательным.

Одной из главных жизненно-необходимых потребностей организма человека является энергия, которую мы получаем из продуктов. Основные компоненты, которые содержатся в продуктах питания, отвечают за построение и непрерывное обновление клеток и тканей, восполняют энергетические траты организма. Правильное питание может оказывать значительное влияние на спортивные достижения и общее здоровье спортсмена. В целом, контроль питания является неотъемлемой частью тренировочного процесса и способствует достижению оптимальной физической формы и спортивных результатов. Он должен быть индивидуализирован и адаптирован к уникальным потребностям и целям спортсмена.

Не менее важным аспектом является отслеживание физической активности спортсмена. Контроль энергозатрат имеет большое значение в профессиональном спорте. Это позволяет спортсменам и их тренерам получить ценную информацию о физической нагрузке, прогрессе тренировок и общем состоянии спортсмена.

В настоящее время, чтобы следить за тем, что человек употребляет в пищу, есть много различных ресурсов, которые отличаются друг от друга своей доступностью и функционалом. Но для того, чтобы контролировать свои энергозатраты, необходимо не только вести подсчет съеденных продуктов, но и отслеживать активность. Таким образом, отсюда появляется потребность в приложении, которое позволит легко и точно отслеживать энергозатраты и просматривать информацию о потраченных калориях, а также вести учет итогового энергобаланса в течении дня.

Разработанный алгоритм и мобильное приложение будут выполнять основную функцию для поддержания физической формы спортсмена, будет автоматически рассчитывать суточную норму калорий для правильного функционирования организма и исходя из точных показателей энергозатрат в течении дня.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора учреждения образования 2277-С.

Диссертационная работа выполнена в двух организациях: учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» и ООО «Гинькофф Центр Разработки».

Цель, задачи, объект и предмет исследования

Целью диссертационной работы является разработка приложения для контроля энергозатрат спортсменов, а также методики оценки энергозатрат спортсменов.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи:

- провести обзор и анализ существующих методов оценки энергозатрат;
- оценить существующие подходы к оценке энергозатрат;
- разработать методику оценки энергозатрат спортсменов;
- создать логическую модель разработанной методики;
- разработать интерфейс мобильного приложения;
- реализовать мобильное приложение для контроля энергозатрат;
- провести тестирование программного обеспечения;
- исследовать эффективность разработанной методики;
- оценить результаты исследования.

Объектом исследования в диссертационной работе является энергообмен человека, в частности спортсменов.

Предметом исследования являются методы контроля энергообмена, программы и средства для отслеживания активности и подсчета затраченных калорий.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в разработке алгоритма и методик контроля энергозатрат спортсмена.

Теоретическая значимость работы заключается в детальном анализе существующих методов оценки энергозатрат.

Практическая значимость диссертации состоит в разработанной методике оценки энергозатрат, и мобильного приложения для контроля энергозатрат.

Положения, выносимые на защиту

1. Методика оценки энергозатрат спортсменов, основанная на расчете энергозатрат во время тренировок с помощью показателя максимального потребления кислорода.

2. Полученное в результате разработки мобильное приложение, реализующее разработанную методику для подсчета энергозатрат с помощью показателя максимального потребления кислорода.

Личный вклад соискателя ученой степени

Все основные результаты, изложенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Определение цели и задач исследований, интерпретация и обобщение научных результатов проводились совместно с научным руководителем кандидатом технических наук, доцентом А. М. Стасишиной. Основными соавторами опубликованных работ являются кандидат технических наук, доцент А. М. Стасишина, магистрант Пикуза А.В. А.В Пикуза принимала участие в разработке интерфейса программного средства для контроля энергозатрат спортсменов.

Апробация результатов диссертации

Материалы магистерской диссертации докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 17–21 апреля 2023 г;

60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г.

Опубликованность результатов диссертации

По результатам выполненных исследований опубликовано 4 научных работ. Из них все в сборниках статей и материалов конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с краткими выводами по каждой из глав, заключения и списка использованной литературы.

В первой главе представлен обзор существующих методов оценки энергозатрат в спорте и важности правильного питания для достижения спортивных целей. Подчеркивается, что энергозатраты спортсмена зависят от различных факторов, включая тип и интенсивность тренировок, возраст, пол, вес, рост, уровень физической подготовки и активность в повседневной жизни.

В главе также рассматривается три основных компонента энергообмена: базовый обмен веществ, физическая активность и термический эффект пищи.

Во второй главе представлена информация о методике оценки энергозатрат спортсмена. Рассматривается оценка активности спортсмена с использованием акселерометра и других устройств.

Методика основана на расчете энергозатрат в периоды тренировок за счет показателя максимального потребления кислорода.

Для повышения точности оценки энергозатрат спортсмена предлагается использовать таблицу MET и показания акселерометра в периоды отдыха и умеренной физической активности. Суть проверяемой методики заключается в измерении энергозатрат в период тренировки или соревнования с использованием данных мониторинга сердечного ритма и VO_{2max} , которые предоставляет фитнес трекер. В периоды отдыха и умеренной физической активности энергозатраты определяются с помощью таблицы MET, для ходьбы и беговых активностей используются показания акселерометра, которые предоставляет устройство.

В третьей главе описывается разработка мобильного приложения. Представлен список требуемого функционала, который включает базу данных продуктов, подсчет калорий, отслеживание макроэлементов, планирование приемов пищи, учет физической активности, синхронизацию с другими устройствами и приложениями, а также статистику и отчеты.

Разрабатываемое приложение работает на мобильных устройствах с операционной системой iOS. Для обеспечения наилучшего пользовательского опыта предпочтение отдается нативной разработке с использованием языка программирования Swift. Также в приложение интегрирована платформа Apple HealthKit для сбора и обмена медицинскими и физиологическими данными пользователя. Совместно с основным приложением разработано расширение для фитнес часов AppleWatch

В главе также представлена логическая модель приложения и описание разработки интерфейса, включая расчет индекса массы тела и суточной нормы калорий, основанных на введенных пользователем данных.

Четвертая глава посвящена исследованию эффективности и тестированию приложения для контроля энергозатрат спортсменов. В главе используется разработанное приложение совместно с фитнес-трекером для более точного расчета суточного расхода энергии спортсменов клуба «Чинук». Также проводится тестирование методики и приложения, разработанных во второй и третьей главе.

В **Приложении** представлен листинг программного кода мобильного приложения и справка о проверке на антиплагиат.

Общий объём диссертационной работы составляет 67 страниц, 21 иллюстрация, 8 таблиц, список использованной литературы на 27 наименований включая публикации соискателя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЗАТРАТ

Обмен веществ включает в себя два основных процесса:

1. Катаболизм – это процесс разрушения сложных молекул на более простые. Например, пища, которую мы потребляем, разлагается на молекулы глюкозы, которые затем окисляются для получения энергии.

2. Анаболизм – это процесс синтеза сложных молекул из более простых компонентов. Например, аминокислоты объединяются для образования белков, а маленькие молекулы объединяются для создания сложных углеводов и липидов.

Энергообмен человека состоит из трех основных компонентов:

1. Базовый обмен веществ (БОВ): Это количество энергии, которое организм тратит на поддержание основных жизненно важных функций в состоянии покоя, когда человек находится в физиологическом и психологическом покое. БОВ включает в себя энергию, затрачиваемую на работу органов, поддержание температуры тела, обмен веществ в клетках и другие жизненно важные процессы. БОВ обычно составляет большую часть общей энергетической потребности человека и может составлять около 60-75% от общего энергопотребления.

2. Физическая активность: Это энергия, затрачиваемая на физическую активность и движение. Физическая активность может включать тренировки, занятия спортом, повседневную активность (ходьбу, подъем по лестницам и т.д.) и любые другие формы физической деятельности. Уровень физической

активности может значительно варьироваться у разных людей, и он может оказывать значительное влияние на общий энергетический баланс.

3. Термический эффект пищи (ТЭП): Это энергия, затрачиваемая на переваривание, абсорбцию, метаболизм и хранение пищи. Когда мы потребляем пищу, организм тратит энергию на ее переработку и использование питательных веществ. ТЭП обычно составляет около 10% от общего энергопотребления и может варьировать в зависимости от состава пищи (например, белки требуют больше энергии для переработки, чем углеводы или жиры) .

Общий энергообмен человека определяется суммой этих трех компонентов: БОВ + ФА + ТЭП. Уровень общего энергообмена может значительно варьироваться в зависимости от множества факторов, таких как пол, возраст, состав тела, уровень физической активности, генетика и другие индивидуальные особенности.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЗАТРАТ СПОРТСМЕНА

Для каждого движения во время занятий спортом, ищется значение метаболического эквивалента задачи (Metabolic equivalent of task, MET) которое представляет собой оценочное количество сожженных калорий во время занятий спортом за определенное время. Затем это значение сравнивается с оцененным объемом мышечной массы в организме. Помимо расчета сожженных калорий во время упражнений, этот же расчет можно использовать для определения количества сожженных калорий во время ежедневных активностей. Основная формула (2.4) выглядит следующим образом:

$$EC = \left(MET \cdot \frac{7.7 (BW \cdot 2.2)}{200} \right) \cdot \frac{t}{60}, \quad (2.4)$$

где EC (*Exercise calories*) – количество сожженных калорий во время выполнения упражнения,

MET – метаболический эквивалент задачи,

BW – вес тела,

t – время выполнения.

Показатель VO_{2max} характеризует максимальное количество используемого кислорода, и рассчитывается путем вычитания количества выдохнутого кислорода из количества поглощенного кислорода. Поскольку VO_{2max} используется для количественного описания ёмкости аэробной

системы, показатель находится под влиянием большого количества факторов на длинном пути кислорода от окружающей среды до митохондрий в мышцах.

Формула (2.5) для расчета VO_{2max} :

$$VO_{2max} = Q \cdot (CaO_2 - CvO_2), \quad (2.5)$$

где VO_{2max} – максимальное потребление кислорода,

Q – сердечный выброс,

CaO_2 – содержание кислорода в артериальной крови,

CvO_2 — содержание кислорода в венозной крови.

Максимальная ЧСС является важным параметром при физических тренировках и спортивных испытаниях. Она используется для определения интенсивности тренировок, контроля физической нагрузки и оценки кардиореспираторной выносливости. Максимальное значение ЧСС даётся каждому от рождения, снижается с возрастом и не тренируется. У детей МЧСС выше чем у взрослых, поэтому очень важно в тренировочном процессе при выполнении интенсивной работы ориентироваться на относительные показатели, а не на абсолютные.

На сегодня очень распространена формула (2.6) расчета МЧСС. Большинство приписывает её появление финскому физиологу Марти Карвонену. Он использовал её в своих работах для расчёта зон интенсивности.

$$МЧСС = 220 - a, \quad (2.6)$$

где МЧСС – Максимальная частота сердечных сокращений,

a – возраст.

Наиболее актуальная на сегодняшний день формула (2.7).

$$МЧСС = 208,754 - 0,734 \cdot a, \quad (2.7)$$

где МЧСС – Максимальная частота сердечных сокращений,

a – возраст.

На основе на формул разработанных в исследовании получим формулы (2.8) для мужчин и (2.9) для женщин, расчета энергозатрат используя показатель VO_{2max} .

$$EC = ((-95.7735 + (0.634 \cdot P) + (0.404 \cdot VO_{2max}) + (0.394 \cdot BW) + \frac{0.271 \cdot A}{4.184}) \cdot 60 \cdot t, \quad (2.8)$$

где EC (*Exercise calories*) – количество сожженных калорий во время выполнения упражнения,

VO_2max – максимальное потребление кислорода,

P – пульс,

BW – вес тела,

A – возраст,

t – время выполнения.

$$EC = ((-59.3954 + (0.45 \cdot P) + (0.380 \cdot VO_2max) + (0.103 \cdot BW) + \frac{0.274 \cdot A}{4.184})) \cdot 60 \cdot t, \quad (2.9)$$

где EC (*Exercise calories*) – количество сожженных калорий во время выполнения упражнения,

VO_2max – максимальное потребление кислорода,

P – пульс,

BW – вес тела,

A – возраст,

t – время выполнения.

Так как данные формулы охватывают уровень интенсивности упражнений, который варьируется от 41% до 80% от VO_2max . Алгоритм не будет предоставлять оценку сжигания калорий на основе пульса ниже 41% от VO_2max (или примерно 64% от максимального пульса в соответствии с корреляцией), поскольку связь между пульсом и сжиганием калорий не считается надежной ниже нижнего предела VO_2max .

Тем не менее, алгоритм предоставляет возможность получить оценку сжигания калорий на основе пульса выше верхнего предела тестовых данных - 80% от VO_2max (или примерно 89% от максимального пульса в соответствии с корреляцией), до максимальной частоты пульса 200 ударов в минуту, чтобы пользователи с выше средними значениями максимального пульса и те, кто занимается на высоких уровнях интенсивности, могли использовать данное решение.

Пользователи должны понимать, что любая оценка сжигания калорий выше 80% от VO_2max (или примерно 89% от максимального пульса) основана на экстраполяции (т.е. предположении, что корреляция данных сохраняется за пределами собранных точек данных эксперимента), а не на интерполяции.

Для расчета интенсивности упражнения и определения превышен ли нижний предел интенсивности, равной 41% от VO_2max , используется корреляция между пульсом и VO_2max для преобразования показателей пульса в проценты от VO_2max .

Формула (2.10) для преобразования интенсивности упражнений из % от максимального пульса в % от VO_{2max} :

$$\% VO_{2max} = 1.5472 \cdot \%МЧСС - 57.53, \quad (2.10)$$

где %МЧСС - процент максимального пульса,

% VO_{2max} - процент VO_{2max} .

Для периода отдыха, низкоинтенсивной активности будем использовать расчет энергозатрат по формуле (2.4) через таблицу МЕТ, кроме случаев, когда активность связана с ходьбой или бегом. В такой ситуации предпочтительнее использовать расчет энергозатрат через данные акселерометра и пройденного расстояния.

Для того чтобы точно рассчитывать энергозатраты вне зависимости от вида спорта, будем использовать подсчет через параметр VO_2 , по формулам (2.8) и (2.9). В случаях, когда показатели VO_2 отсутствуют или являются недостоверными, расчет ЕС предлагается производить по формуле (2.4) через таблицу МЕТ. Для того чтобы понять попадает ли интенсивность упражнения в диапазон от 41% до 80% от VO_{2max} , будем использовать формулу (2.10).

Каждый из периодов активности должен быть посчитан отдельно и суммирован к общему числу энергозатрат за день.

Кроме этого, алгоритм оценки общих энергозатрат спортсмена должен учитывать:

- Базовый обмен веществ;
- Корректный расчет МЧСС для спортсмена;
- Корректные показания ИМТ и состава тела.

Расчет энергозатрат спортсмена за сутки можно произвести по формуле (2.13).

$$EC_t = БОВ + EC_1 + EC_2 + EC_3 + \dots, \quad (2.13)$$

где EC_t (*Exercise calories Total*) – общее кол-во энергии потраченного за день

$БОВ$ – базовый обмен веществ,

EC_n – это количество энергии, потраченное в определенный интервал времени, который рассчитывается в зависимости от интенсивности.

Расчет показателя БОВ рекомендуется производить по формулам (2.2) и (2.3) для мужчин и женщин соответственно. Алгоритм оценки энергозатрат представлен на рисунке 2.5.

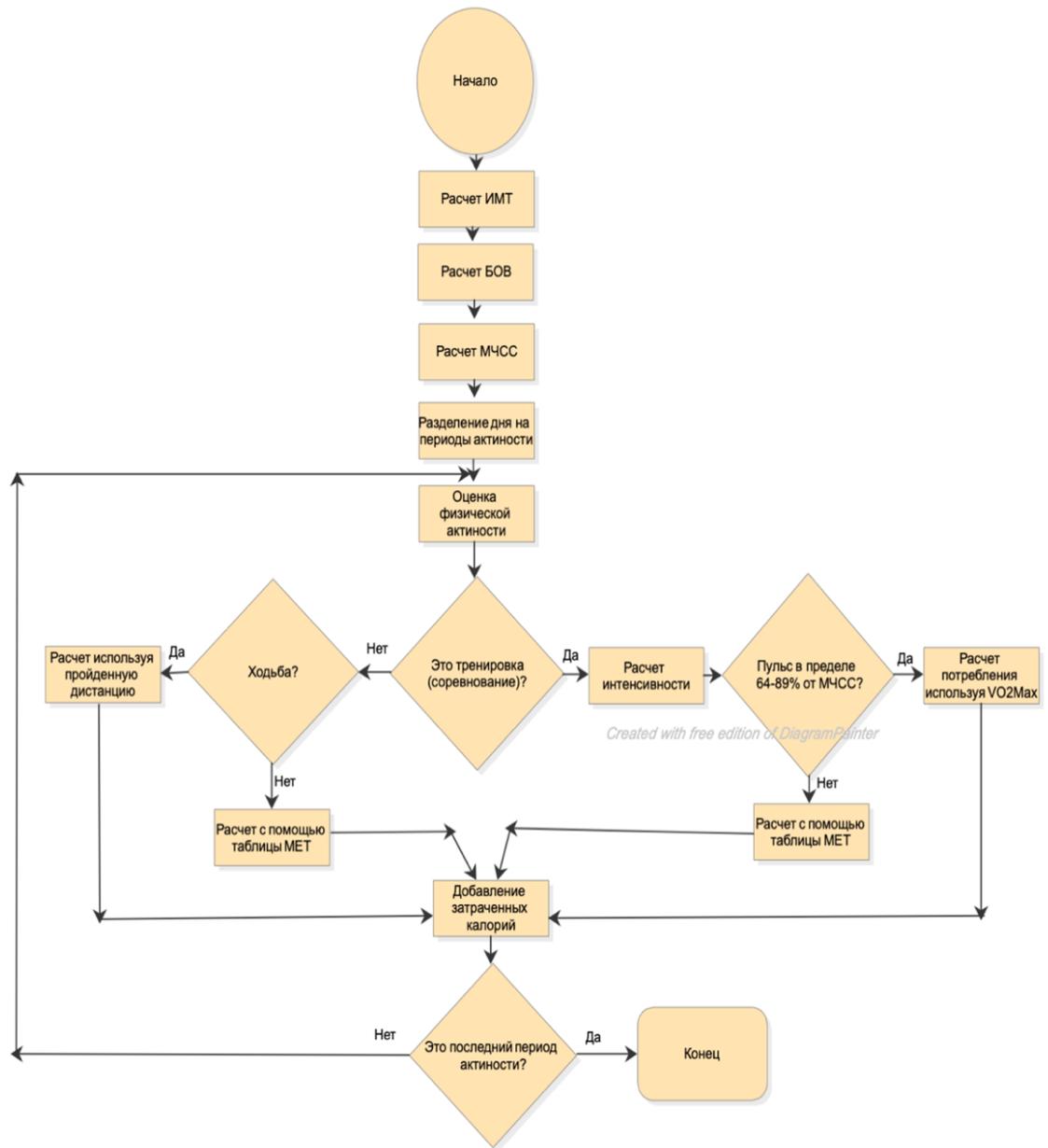


Рисунок 2.5 – Алгоритм оценки энергозатрат

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЗАТРАТ

Расчет базового обмена для суточной нормы калорийности происходит по формулам (1.3) и (1.4), реализация которых на языке программирования Swift представлена на рисунке 3.12.

```
func countIMB(weight: Float, height: Float) -> Float {
    return weight / (height * height)
}

func countBasicMetabolismMen(mass: Float, height: Float, age: Float) -> Float {
    return 9.99 * mass + height * 6.25 - 4.95 * age + 5
}

func countBasicMetabolismWomen(mass: Float, height: Float, age: Float) -> Float {
    return 9.99 * mass + height * 6.25 - 4.95 * age - 16
}
```

Рисунок 3.12 – Расчет БОВ

После расчета суточной нормы калорийности, производим подсчет БЖУ на день, исходя из оптимального соотношения и следующих данных [24]: 9 ккал = 1 г жиров; 4 ккал = 1 г белков; 4 ккал = 1 г углеводов.

Взяв пропорцию БЖУ, можно рассчитать необходимое количество употребления белков, за день [24] по формуле:

$$P = (K \cdot 0,3) \cdot 4, \quad (3.1)$$

где K – суточная норма калорий для мужчин,
 P – грамм белков.

Расчет жиров по формуле (3.2):

$$F = (K \cdot 0,2) \cdot 9, \quad (3.2)$$

где K – суточная норма калорий для мужчин,
 F – грамм жиров.

Расчет углеводов по формуле (3.3):

$$C = (K \cdot 0,5) \cdot 4, \quad (3.3)$$

где K – суточная норма калорий для мужчин,
 C – грамм углеводов.

Реализация полученных формул на языке программирования Swift представлена на рисунке 3.13.

```
func countFats(calories: Float) -> Float {
    return calories * 0.2
}

func countCarbs(calories: Float) -> Float {
    return calories * 0.5
}

func countProteins(calories: Float) -> Float {
    return calories * 0.3
}
```

Рисунок 3.13 – Расчет БЖУ

Так как для определения параметров Q , CaO_2 , CvO_2 требуется специально оборудование, а Apple HealthKit предоставляет данные о VO_{2max} , будем получать показатель через специализированное API. На рисунке 3.14 изображен запрос в систему для получения текущего значения VO_{2max} .

```
static let healthStore = HKHealthStore()

static func getVO2Max(startDate: Date, updateHandler: @escaping ([HKQuantitySample]) -> Void) {
    let typeIdentifier = HKQuantityTypeIdentifier.vo2Max

    startQuery(ofType: typeIdentifier, from: startDate) { _, samples, _, _, error in
        guard let quantitySamples = samples as? [HKQuantitySample] else {
            print("Ошибка: не удалось получить значение \(String(describing: error))")
            return
        }
        print("Текущее значение VO2Max = \(quantitySamples)")
        updateHandler(quantitySamples)
    }
}

private static func startQuery(
    ofType type: HKQuantityTypeIdentifier,
    from startDate: Date,
    handler: @escaping (HKAnchoredObjectQuery, [HKSample]?, [HKDeletedObject]?, HKQueryAnchor?, Error?) -> Void) {
    let datePredicate = HKQuery.predicateForSamples(withStart: startDate, end: nil, options: .strictStartDate)
    let devicePredicate = HKQuery.predicateForObjects(from: [HKDevice.local()])
    let queryPredicate = NSCompoundPredicate(andPredicateWithSubpredicates:[datePredicate, devicePredicate])

    let quantityType = HKObjectType.quantityType(forIdentifier: type)!

    let query = HKAnchoredObjectQuery(type: quantityType, predicate: queryPredicate, anchor: nil,
        limit: HKObjectQueryNoLimit, resultsHandler: handler)
    query.updateHandler = handler
    healthStore.execute(query)
}
```

Рисунок 3.14 – Запрос получения VO_{2max}

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЗАТРАТ СПОРТСМЕНОВ

Суть проверяемой методики заключается в измерении энергозатрат в период тренировки или соревнования с использованием данных мониторинга сердечного ритма и VO_2max , которые предоставляет фитнес трекер. В периоды отдыха и умеренной физической активности энергозатраты определяются с помощью таблицы MET, для ходьбы и беговых активностей используются показания акселерометра, которые предоставляет устройство. Все расчеты производятся автоматически в разработанном приложении под операционные системы iOS.

Общий энергобаланс рассчитывается путем суммирования всех периодов активности и базового обмена спортсмена, учитывая употребленные им калории в течении суток. Полученные показатели для расчета планируемых энергозатрат и рациона спортсмена.

Цель исследования – расчет общих энергозатрат спортсменов на основании определения суточного расхода энергии спортсмена с учетом индивидуальной активности для составления адекватного пищевого рациона спортсменов.

Эксперимент по изучению эффективности разработанной методики и программного обеспечения проводился на базе “Клуба боевых искусств “Чинук””. В тестировании приняли участие 5 спортсменов, различных специализаций: тайский бокс, классический бокс, ММА. Средний возраст испытуемых составил $19,5 \pm 0,4$ лет.

При первичной регистрации спортсменов проводилось анкетирование для оценки распорядка дня в течении недели с оценкой используемого рациона питания, а также определялись параметры соматометрии (рост, вес, обхват талии). Длительность тестирования составила 2 месяца.

Анализ результатов исследования, полученных до начала тестирования, не показал статистически значимых отличий в группе. Параметры соматометрии спортсменов до начала тестирования представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 Параметры соматометрии

Параметры	Рост, см	Вес, кг	Возраст, года	Базовый обмен, ккал
Среднее	182.3	80,7	19,5	1848
+ - м	0.23	0.28	0.4	50

Каждый спортсмен выбрал себе цель на период тестирования. Индивидуальные цели представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Индивидуальные цели спортсменов

Участник	Вес	Цель
Спортсмен 1	80	Набор мышечной массы
Спортсмен 2	81	Удержание веса
Спортсмен 3	81	Удержание веса
Спортсмен 4	80	Набор мышечной массы
Спортсмен 5	82	Сброс веса

Исходя из представленного распорядка дня с учетом коэффициента физической активности MET и представленных индивидуальных показателей энергозатрат в тренажерном зале были по формуле (2.4) рассчитаны среднесуточные энергозатраты (таблица 4.4).

Таблица 4.4 Усредненные показатели энергозатрат

№	Временной интервал	Вид деятельности	Общий расход энергии
1	7:00 – 7:15	Подъем, зарядка	$77 \cdot 1,6 \cdot 0,25 = 30,8$
2	7:15 – 7:30	Личная гигиена	$77 \cdot 1,8 \cdot 0,25 = 34,7$
3	7:30 – 7:45	Завтрак	$77 \cdot 1,8 \cdot 0,25 = 34,7$
4	7:45 – 7:55	Одевание	$77 \cdot 1,9 \cdot 0,1 = 14,6$
5	8:00 – 9:00	Путь на учебу	$77 \cdot 1,7 \cdot 1 = 130,9$
6	9:00 – 13:00	Занятия	$77 \cdot 1,5 \cdot 1 = 462$
7	13:00 – 14:00	Обед	$77 \cdot 1,5 \cdot 1 = 115,5$
8	14:00 – 15:00	Путь на тренировку	$77 \cdot 1,7 \cdot 1 = 130,9$
9	15:00 – 17:00	Тренировка	1693,6
10	17:00 – 18:00	Путь домой	$77 \cdot 1,7 \cdot 1 = 130,9$
11	18:00 – 19:00	Ужин	$77 \cdot 1,5 \cdot 1 = 115,5$
12	19:00 – 22:00	Отдых, отход ко сну	$77 \cdot 1,5 \cdot 3 = 346,5$
Итого:			3249,6

В таблице 4.4 наглядно показано, из чего складываются энергозатраты спортсменов в течении дня. С учетом 5 % прибавки (на неучтенные энергозатраты) суточный расход энергии составляет 3402,63 ккал.

В расчете приняты во внимание показания фитнес трекеров во время тренировки и показания акселерометра во время ходьбы. Расчет представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 Усредненные показатели энергозатрат

№	Временной интервал	Вид деятельности	Общий расход энергии
1	7:00 – 7:15	Подъем, зарядка	$77 \cdot 1,6 \cdot 0,25 = 30,8$
2	7:15 – 7:30	Личная гигиена	$77 \cdot 1,8 \cdot 0,25 = 34,7$
3	7:30 – 7:45	Завтрак	$77 \cdot 1,8 \cdot 0,25 = 34,7$
4	7:45 – 7:55	Одевание	$77 \cdot 1,9 \cdot 0,1 = 14,6$
5	8:00 – 9:00	Путь на учебу	116
6	9:00 – 13:00	Занятия	$77 \cdot 1,5 \cdot 1 = 462$
7	13:00 – 14:00	Обед	$77 \cdot 1,5 \cdot 1 = 115,5$
8	14:00 – 15:00	Путь на тренировку	191
9	15:00 – 17:00	Тренировка	2380,2
10	17:00 – 18:00	Путь домой	97
11	18:00 – 19:00	Ужин	$77 \cdot 1,5 \cdot 1 = 115,5$
12	19:00 – 22:00	Отдых, отход ко сну	155
Итого:			3789,9

Итоговый среднесуточный расход энергии составляет 3789,9 ккал, что на 387,3 ккал больше, среднесуточных энергозатрат, полученные путем расчета через MET.

Результат контроля веса каждого участника представлен в таблице 4.6.
Таблица 4.6 Результаты контроля веса

Участник	Вес	Цель	Среднесуточный Дефицит (профицит) калорий	Результат
Спортсмен 1	80	Набор мышечной массы	+ 160 ккал	+ 1.2 кг (общей массы)
Спортсмен 2	81	Удержание веса	+ 25 ккал	+ 0.2 кг
Спортсмен 3	81	Удержание веса	+ 19 ккал	- 0.1 кг
Спортсмен 4	80	Набор мышечной массы	+ 110 ккал	+ 0.7 кг (общей массы)
Спортсмен 5	82	Сброс веса	- 256 ккал	- 2 кг

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод от том, что спортсмены успешно достигли поставленных целей, а результаты среднесуточных энергозатрат, полученных с помощью мобильного приложения сопоставимы с результатами путем расчета МЕТ (не отличаются кардинальным образом). Итоговая разница обусловлена разницей в показателях калорий, потраченных на тренировках, что ожидаемо. Средняя разница в оценке энергозатрат в период тренировки составила 680 ккал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы была разработка методики для оценки энергозатрат спортсмена учитывая различные периоды активности, а также разработка мобильного приложения для контроля энергозатрат.

В процессе выполнения магистерской работы был проведен обзор и анализ существующих методов оценки энергозатрат.

Проведена оценка существующих методов, на основе которых была разработана пошаговая методика для оценки энергозатрат спортсменов с помощью показателя VO_{2max} . Суть методики заключается в измерении энергозатрат в период тренировки или соревнования с использованием данных мониторинга сердечного ритма и VO_{2max} , которые предоставляет фитнес трекер.

Рассмотрены основные технологии и принципы реализации современного программного обеспечения для операционной системы iOS.

Разработан концепт, логическая модель и интерфейс программного обеспечения, на основе которых было реализовано мобильное приложение для оценки энергозатрат спортсменов. Расчет энергозатрат в мобильном приложении производился с помощью расширения для фитнес-часов Apple Watch, которое предоставляет приложению значение показателя VO_{2max} , что позволило использовать разработанную методику.

Проведено тестирование разработанного приложения методом черного ящика и апробирование реализованной методики на реальных спортсменах, участниках «Клуба боевых искусств «Чинук».

Разница среднесуточных энергозатрат полученных с помощью МЕТ и разработанной методики расчета с помощью VO_{2max} составила 387,3 ккал.

Это позволило сделать вывод об эффективности методики учитывая то, что, спортсмены достигли целей, в следствии чего рассчитанный энергобаланс был ближе к реальному, чем косвенный расчет.

Экспертиза диссертации на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» показала корректность использования заимствованных материалов. Процент оригинальности составил 95,32%, цитирования обозначены ссылками на публикации и указаны в разделе пояснительной записки «Список использованных источников».

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Представленные результаты позволяют спортсменам эффективнее контролировать свои энергозатраты во время тренировок, а также сделать данный процесс более доступным и нетребовательным к техническому обеспечению за счет реализации в виде мобильного приложения.

2. Разработанная методика может быть интегрирована в другие устройства и реализована на других платформах и операционных системах.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в сборниках материалов научных конференций

1–А. Матошко, А. О. Как приложение для подсчета калорий поможет спортсмену достичь цели / А. В. Пикуза, М. В. Давыдов, А. О. Матошко // Электронные средства и системы управления: материалы докладов XIX Международной научно-практической конференции (15–17 ноября 2023 г.): в 2 ч. – Ч. 2. / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск, 2023. – С. 316–318.

2–А. Матошко, А. О. Разработка приложения для подсчета калорий для спортсменов с учётом мотивационных факторов / А. В. Пикуза, М. В. Давыдов, А. О. Матошко // Электронные средства и системы управления: материалы докладов XIX Международной научно-практической конференции (15–17 ноября 2023 г.): в 2 ч. – Ч. 2. / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск, 2023. – С. 319–322.

3–А. Матошко, А. О. Методы оценки энергозатрат спортсмена / А. О. Матошко, А. В. Пикуза // Электронные системы и технологии: сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2024 (в печати).

4–А. Матошко, А. О. Энергообмен при занятиях спортом / А. О. Матошко // Электронные системы и технологии: сборник материалов 60-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 22–26 апреля 2024 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2024 (в печати).