

На правах рукописи

Величко Елена Николаевна

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНА**

Специальность: 05.11.17 – Приборы, системы и изделия
медицинского назначения

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2010

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете информационных технологий, механики и оптики

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор Константин Георгиевич Коротков

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Кирилл Вадимович Зайченко
кандидат технических наук, доцент Михаил Витальевич Бельтюков

Ведущая организация – Федеральное государственное унитарное
предприятие специальное конструкторское
технологическое бюро «БИОФИЗПРИБОР»
федерального медико-биологического
агентства (ФГУП СКТБ «БИОФИЗПРИБОР»)

Защита диссертации состоится “ _____ ” _____ 2010 г. в _____ часов на
заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций
Д212.238.09 Санкт-Петербургского государственного электротехнического
университета «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376,
Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан “ _____ ” _____ 2010 г

Ученый секретарь совета
по защите докторских и
кандидатских диссертаций

К. Н. Болсунов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Спорт высших достижений требует обоснования и применения новых эффективных способов и методов оптимизации функционального состояния, повышения умственной и физической работоспособности, расширения резервных возможностей спортсмена. При этом основополагающим должно оставаться сохранение здоровья спортсмена и оптимизация тренировочного процесса.

Повышение эффективности подготовки спортивного резерва возможно лишь при условии строгого соблюдения закономерностей построения многолетнего процесса спортивной подготовки. Эти закономерности обуславливаются многими факторами и, прежде всего, особенностями адаптации организма к характерным для данного вида спорта нагрузкам, их соответствием оптимальному уровню для достижения высоких результатов. Выявление индивидуальных реакций организма спортсмена возможно только при внедрении динамических методов анализа психофизиологического состояния непосредственно в условиях тренировочного процесса на основе многопараметрической функциональной экспресс-диагностики. Разработка приборной и аналитической базы методов экспресс-анализа психофизиологического состояния спортсменов является актуальной задачей как с практической, так и с научной точки зрения.

Целью диссертационной работы является разработка программно-аппаратного комплекса экспресс-диагностики психофизиологического состояния спортсмена и прогнозирования соревновательной готовности на базе системы поддержки принятия решений.

Задачи работы:

1. Анализ и выбор наиболее информативных методов экспресс-диагностики в спорте.
2. Разработка структурной схемы программно-аппаратного комплекса исследования психофизиологического состояния спортсмена.
3. Разработка математической модели, системы поддержки принятия решений и программных алгоритмов оценки текущего психофизиологического состояния спортсмена и прогноза уровня соревновательной готовности.
4. Разработка математических принципов анализа газоразрядных изображений и расчета параметров, характеризующих спортивно-важные качества спортсменов.
5. Разработка алгоритмов программного обеспечения для задач автоматизации исследований спортсменов.
6. Апробация разработанных принципов в экспериментальных исследованиях.

Методы исследования. Для решения поставленных задач в

теоретической и практической части диссертационной работы использовались: методология системного подхода, теория синтеза биотехнических систем, методы структурного системного анализа, теория вероятностей, математическая статистика, методы математического моделирования, технологии экспертных систем, методы цифровой обработки изображений, методы экспертных оценок.

Экспериментальные исследования проводились на базе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института физической культуры, в Санкт-Петербургской академии фигурного катания, в рамках комплексных научных групп на различных спортивных базах России.

Научная новизна заключается в разработке принципов построения многопараметрического программно-аппаратного комплекса исследования психофизиологического состояния спортсмена на базе системы поддержки принятия решений с прогнозированием соревновательной готовности.

Основные научные результаты:

1. Разработана математическая модель и система поддержки принятия решений по оценке психофизиологического состояния спортсмена и прогнозу соревновательной готовности.

2. Предложен алгоритм оценки психофизиологического состояния спортсмена и прогнозирования уровня соревновательной готовности.

3. Разработаны математические принципы анализа газоразрядных изображений и расчета параметров, характеризующих спортивно-важные качества спортсмена.

4. Разработаны алгоритмы работы программного обеспечения комплекса оценки текущего психофизиологического состояния спортсмена.

5. Разработана структурная схема программно-аппаратного комплекса, позволяющего производить оценку психофизиологического состояния спортсмена на основе разработанной системы поддержки принятия решений.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет провести многопараметрическую экспресс-оценку психофизиологического состояния спортсмена.

2. Разработанная на базе математической модели система поддержки принятия решений позволяет проводить мониторинг психофизиологического состояния спортсмена и прогнозировать уровень соревновательной готовности.

3. Представленные математические принципы анализа газоразрядных изображений позволяют рассчитать параметры, характеризующие спортивно-важные качества спортсмена.

Практическая ценность работы.

В экспериментальных исследованиях доказана эффективность и перспективность использования разработанного программно-аппаратного комплекса в спортивной практике.

Получены следующие практические результаты:

1. Разработанный программно-аппаратный комплекс использован в ходе

плановых текущих обследований спортсменов олимпийских и паралимпийских сборных команд России в следующих видах спорта: фигурное катание, биатлон, лыжные гонки, двоеборье, пулевая стрельба.

2. Получены значимые корреляции параметров, отобранных для построения программно-аппаратного комплекса, и показано, что многопараметрический анализ состояния спортсмена существенно увеличивает вероятность прогноза соревновательной готовности.

3. Проведено внедрение разработанных систем в практику работы комплексных научных групп по обследованию высококвалифицированных спортсменов олимпийского резерва. Разработанный программно-аппаратный комплекс апробирован и внедрен в практику обследования спортсменов на базе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института физической культуры.

Внедрение результатов.

Результаты диссертационной работы были использованы при выполнении следующих научно-исследовательских и конструкторских работ: «Целевая поддержка развития региональных образовательных учреждений по работе с одаренными детьми» (гос. контракт № 197, 2003-2006); «Разработка персонального программно-аппаратного комплекса спектро-волновой диагностики и коррекции психосоматического состояния спортсмена в реальном времени с обратной связью» (гос. контракт № 164 от 28.11.2008); «Разработка средств, методов и технологий диагностики и контроля спортивной деятельности» (шифр НИР 02.02.01, 2009-2010), «Разработка электронной системы контроля техники выполнения прыжков на лыжах с трамплина кандидатов на участие в Олимпийских играх в Сочи-2014» (гос. контракт № 373, 2009-2010).

На базе разработанного программно-аппаратного комплекса проводятся практические исследования психофизиологического состояния спортсменов в рамках работы комплексных научных групп федерального государственного учреждения Санкт-Петербургского научно-исследовательского института Физической Культуры.

Материалы диссертационной работы внедрены в учебный процесс Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики в форме учебно-методического пособия «Методы регистрации, обработки и анализа изображений» по курсу обучения магистров «Технологии разработки программного обеспечения САПР», обучающихся по направлению «Проектирование и технология электронных средств».

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: международных конгрессах по биоэлектрографии «Наука. Информация. Сознание» (СПб, 2006 – 2010); научной конференции СПб НИИФК (СПб, 2005); научно-технической конференции студентов и аспирантов – «XXXIII неделя науки СПбГПУ» (СПб, 2005); конференции молодых ученых СПбГУ ИТМО (СПб, 2006 - 2009); конференции «Современные проблемы физкультуры и спорта», (СПб, 2008 г);

международном конгрессе «13-th Annual Congress of the European College of Sport Science» (Estoril, Portugal, 2008); IV Международном конгрессе «Человек, спорт, здоровье» (СПб, 2009); международной конференции «Медико-биологические проблемы обеспечения спорта высших достижений (зимние виды спорта)» (Минск, 2009); всероссийской научно-практической конференции «Паралимпийское движение в России на пути к Ванкуверу: проблемы и решения» (СПб, 2009).

Публикации. Автором опубликовано 49 научных работ, из них 20 работ по теме диссертации, из них 6 статей в перечне изданий, рекомендованных ВАК, 13 работ в материалах всероссийских и международных научных конференций, одно учебно-методическое пособие.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 119 наименований, среди которых 103 отечественных и 16 иностранных авторов. Основная часть работы изложена на 139 страницах машинописного текста. Работа содержит 29 рисунков и 8 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследований, изложены основные научные и практические результаты, приводится краткое содержание работы по главам.

В первой главе рассматривается проблема проведения обследований в спорте. Приведен анализ основных методов исследования психофизиологического состояния человека. Обсуждаются преимущества и недостатки приведенных методов исследования. На основании проведенного анализа определяются цель и задачи исследования диссертационной работы.

Вторая глава посвящена разработке принципов построения и алгоритмов работы программно-аппаратного комплекса (ПАК). Представлены разработанная математическая модель экстраполяции функций, позволяющая прогнозировать соревновательную готовность спортсменов, и система поддержки принятия решений по оценке психофизиологического состояния спортсмена и его соревновательной готовности. Приведены алгоритмы работы системы поддержки принятия решений (СППР) и проведения обследований.

Рассматриваются вопросы выбора средств реализации системы поддержки принятия решений по оценке психофизиологического состояния (ПФС) спортсмена и его соревновательной готовности. Представленный анализ наиболее известных технологий экспертных систем позволяет сделать вывод о целесообразности применения технологии решающих правил.

Разработанная СППР решает две основные задачи:

1. Формализованный анализ результатов диагностических методик с представлением общего заключения о текущем ПФС спортсмена;
2. Мониторинг состояния спортсмена с системой поддержки принятия решения по прогнозированию соревновательной готовности спортсмена.

Решение представленных задач было реализовано путем двух независимых алгоритмов. Первый алгоритм обеспечивает формализацию результатов различных диагностических методик путем приведения всех параметров к бальной шкале по решающим правилам. Последующий математический анализ позволяет провести комплексную оценку психофизиологического состояния и сформировать заключения в понятной тренеру и спортсмену форме. На рис.1 представлена краткая схема проведения оценки ПФС спортсмена.

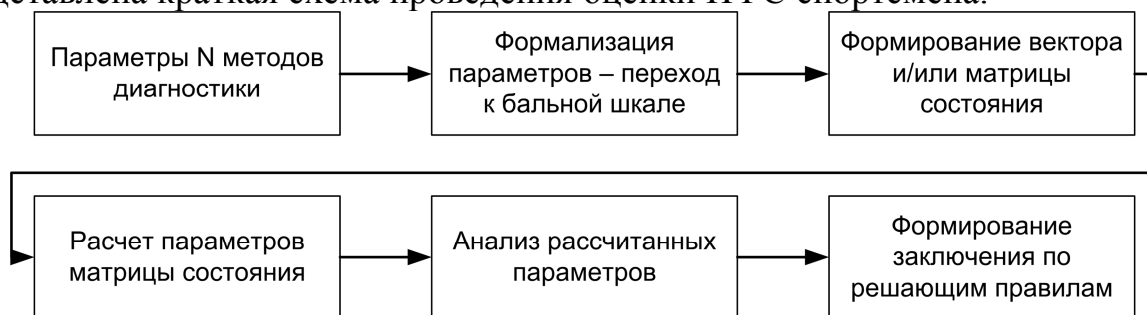


Рис.1. Схема оценки ПФС спортсмена.

Для характеристики состояния спортсмена вводится вектор состояния \bar{X}^i , представляющий собой набор всех измеренных параметров:

$$\bar{X}^n = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где n – количество рассчитанных параметров.

После чего формируется матрица состояний $MX^{n(k+1)}$, посредством которой проводится оценка эффективности воздействия. В матрицу вводятся параметры, переведенные относительные единицы (от -2 до 2) по решающим правилам.

$$MX^{n(k+1)} = \begin{pmatrix} x_{10} & \cdots & x_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n0} & \cdots & x_{nk} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

По каждому измерению (вектору состояния) вычисляются следующие показатели:

1) общий суммарный балл:

$$S_{j\Sigma} = \sum_{i=1}^n |x_{ij}|; \quad (3)$$

2) суммарный балл положительных значений параметров, характеризующий смещение состояния спортсмена в область повышенной эмоциональной возбудимости и напряжения:

$$S_{j+} = \sum_{i=1}^n |x_{ij}| \cdot \alpha_{ij+}, \quad \text{где } \alpha_{ij+} = \begin{cases} 1, & x_{ij} > 0 \\ 0, & x_{ij} < 0 \end{cases}; \quad (4)$$

3) суммарный балл отрицательных значений, характеризующий смещение состояния спортсмена в область снижения энергетического потенциала и усталости:

$$S_{j-} = \sum_{i=1}^n |x_{ij}| \cdot \alpha_{ij-}, \text{ где } \alpha_{ij-} = \begin{cases} 1, x_{ij} < 0 \\ 0, x_{ij} > 0 \end{cases}. \quad (5)$$

Пример решающих правил по формированию заключения:

Если $S_{j\Sigma} \in [0; 0.2n]$, «хорошее психофизиологическое состояние, высокая физиологическая готовность спортсмена»;

Если $0,2n < S_{j\Sigma} < 0,5n$ и $S_{j+} > 0,25n$, «состояние повышенной активности, увеличение напряжения регуляторных систем»;

Если $0,2n < S_{j\Sigma} < 0,5n$ и $S_{j-} > 0,25n$, «состояние снижения активности, возможно переутомление»;

Если $0,2n < S_{j\Sigma} < 0,5n$ и $S_{j+} < 0,25n$ и $S_{j-} < 0,25n$, «снижение психофизиологического потенциала»;

Если $S_{j\Sigma} > 0,5n$ и $S_{j+} > 0,5n$, «состояние повышенного стрессового фона, высокое напряжение регуляторных систем»;

Если $S_{j\Sigma} > 0,5n$ и $S_{j+} < 0,5n$, «состояние низкого психофизиологического потенциала, возможна разбалансировка регуляторных систем, необходимо дополнительное обследование».

Во втором аналитическом блоке СППР реализуется математический анализ и экстраполяция динамических функций параметров, позволяющая прогнозировать уровень соревновательной готовности спортсмена. При работе с высококвалифицированными спортсменами часто возникает ситуация, когда количество экспериментальных точек невелико, а характер изменения параметров весьма сложен. Проведенный анализ экспериментальных данных и методов экстраполяции показал, что в представленном случае целесообразно применение разведочного анализа и сплайн-аппроксимации. В реализованной системе на первом этапе применялся разведочный анализ (медианирование), обеспечивающий сглаживание выбросов данных. После проведения медианирования к описанию данных применялись сглаживающие сплайны.

Рассмотрим экспериментально полученный набор параметров, заданных дискретным набором значений:

$$\{y_i, x_i\} \equiv y_i(x_i); \quad 1 \leq i \leq k, \quad (6)$$

где y_i – ординаты экспериментальных точек, x_i – координаты точки по оси абсцисс, k – количество измерений.

Проведем аппроксимирующую кривую $\tilde{y}(x)$ таким образом, чтобы выполнялось условие минимизации невязки:

$$\tilde{\rho} = \sqrt{\sum_{i=1}^k [\tilde{y}(x_i) - y_i]^2} \rightarrow \min, \quad (7)$$

где $\tilde{\rho}$ - невязка между вычисленной кривой и экспериментальными данными.

Введем также условие минимальной кривизны сплайн функции:

$$\int_{x_1}^{x_k} [y''(x)]^2 dx = \min_{[x_1, x_k]} \forall y(x): \{\tilde{y}_i\} \in y(x). \quad (8)$$

Тогда задача отыскания аппроксимирующей функции сводится к минимизации функционала:

$$\Phi[\tilde{y}(x)] = \sum_{i=1}^k p_i [\tilde{y}(x_i) - y_i]^2 + \alpha \int_{x_1}^{x_k} [\tilde{y}''(x)]^2 dx \rightarrow \min, \quad (9)$$

где y_i – ординаты экспериментальных точек, $\tilde{y}(x)$ – функция аппроксимирующей кривой, p_i – веса экспериментальных точек, α – варьируемый положительный параметр – параметр регуляризации задачи.

Вычисление интеграла второго слагаемого выражения (9) на базе элементов матрицы M , сформированной из коэффициентов кусочно-полиномиальной функции сплайна в ходе решения, позволяет придти к следующему выражению:

$$\Phi[\tilde{y}(x)] = \sum_{i=1}^k p_i [\tilde{y}(x_i) - y_i]^2 + \alpha \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k m_{ij} \tilde{y}_i \tilde{y}_j \rightarrow \min, \quad (10)$$

где m_{ij} – j -й элемент i -й строки матрицы M .

Для нахождения ординат узловых точек аппроксимирующего сплайна необходимо решить задачу на минимизацию функционала (10), что осуществляется приравниванием нулю его первой вариации. Решением будут значения ординат узловых точек, через которые должен проходить аппроксимирующий сплайн.

После нахождения ординат узловых точек вычисляются коэффициенты аппроксимирующего сплайн-полинома. Для этого:

1. Каждому измерению присваиваются весовые коэффициенты в зависимости от типа тренировки: контрольным тренировкам присваивался весовой коэффициент 1, стандартным – 0,8.

2. Задается стартовое значение параметра регуляризации $\alpha_0 = 0.1$. В этом случае сплайн будет близок к исходной функции. Если вариация экспериментальных данных высока, то значение параметра регуляризации увеличивается в 2 раза. Если на одной из последующих итераций коэффициент невязки превышает 15 %, то программный алгоритм возвращается к значению α прошлой итерации.

В результате представленного математического анализа выводятся экстраполяционные графики, по динамике изменения которых производится прогнозирование соревновательной готовности спортсменов. Функции, по которым проводится экстраполяция, построены таким образом, что направление экстраполирующей кривой в сторону возрастания свидетельствует

о положительной динамике, в сторону убывания – об отрицательном прогнозе. Поэтому в СППР после построения экстраполирующей функции анализируется ее динамика – определяется знак первой производной функции. На рис. 2 представлен алгоритм прогнозирования соревновательной готовности спортсменов на примере анализа параметров метода газоразрядной визуализации DE и DS.

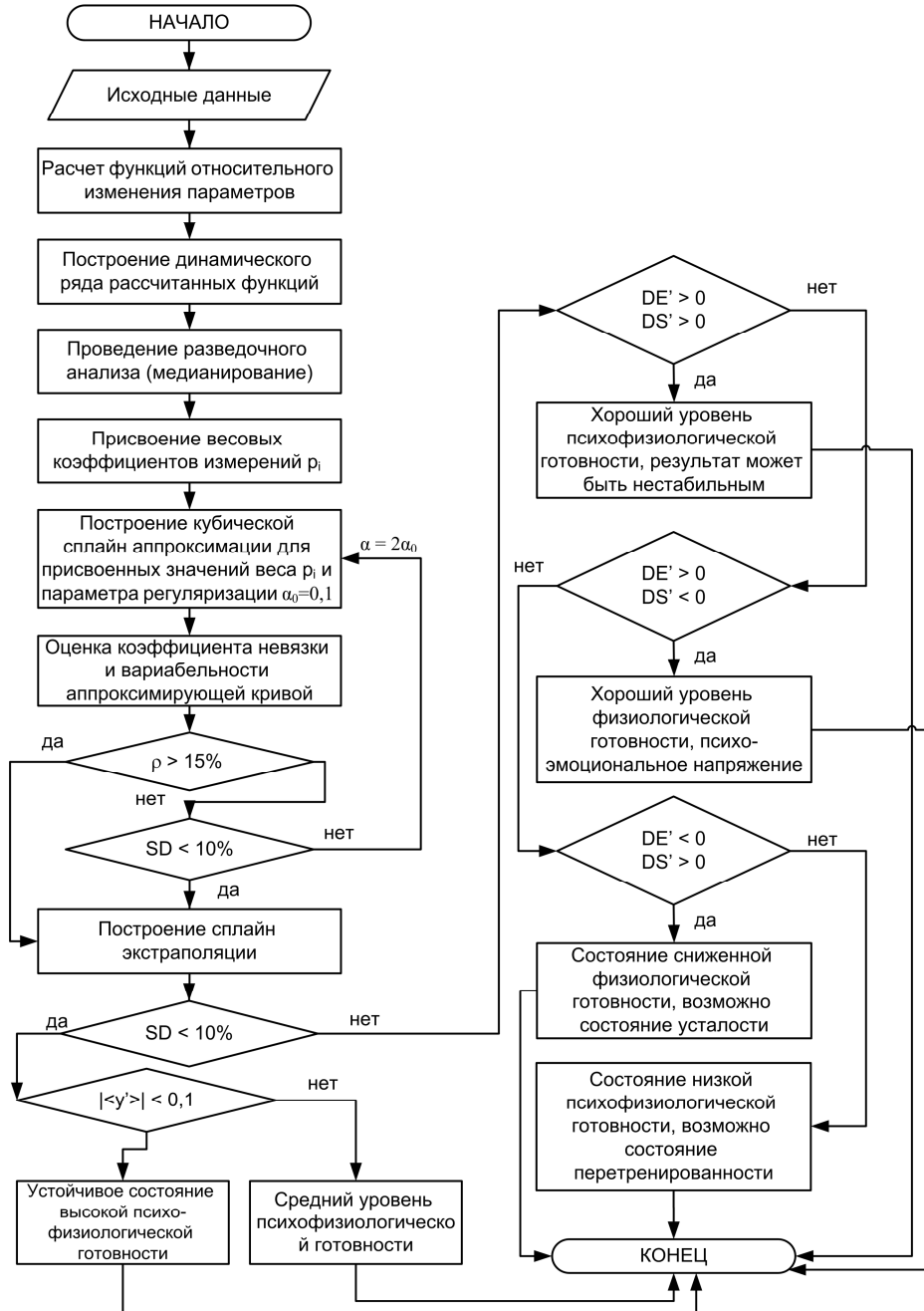


Рис.2. Алгоритм реализации блока прогноза соревновательной готовности: ρ – коэффициент невязки аппроксимирующей кривой, SD – стандартное отклонение параметров, $\langle y' \rangle$ – среднее значение аппроксимирующей функции, DE и DS – функции относительного изменения ГРВ параметров.

В третьей главе приведены структурные схемы построения и протокол проведения измерений на программно-аппаратном комплексе, структура и

принципы программной реализации работы комплекса, основные алгоритмы и разделы программной оболочки. Представлены разработанные алгоритмы анализа газоразрядных изображений и принципы расчета параметров, характеризующих спортивно-важные качества.

Программное обеспечение комплекса реализовано в виде программной оболочки, обеспечивающей проведение обследований включенными в комплекс методами, формирование заключения на основании разработанной системы поддержки принятия решений и хранение информации в базе данных.

На рис. 3 представлен алгоритм проведения обследований на программно-аппаратном комплексе.

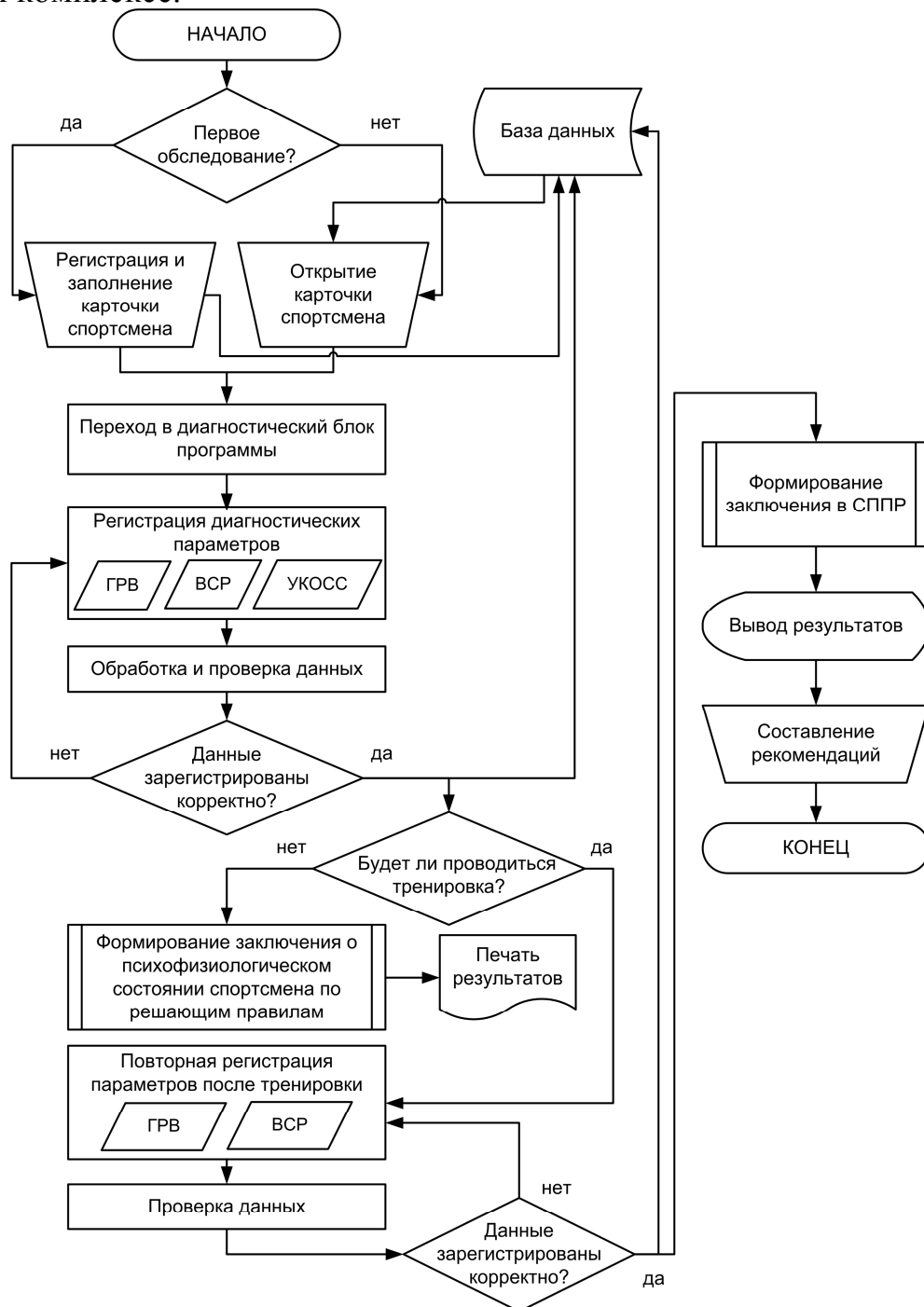


Рис. 3. Обобщенный алгоритм проведения обследований на ПАК.

В главе также представлены принципы анализа изображений, получаемых методом газоразрядной визуализации (ГРВ), и расчета спортивно-важных параметров в разработанной программе «ГРВ-Спорт», реализованной на языке программирования «С++».

Как показано в большом количестве работ, наиболее значимыми параметрами метода ГРВ при оценке ПФС являются площадь свечения S , рассчитываемая как количество пикселей с ненулевой интенсивностью и нормализованная площадь, рассчитываемая как отношение площади свечения к площади внутреннего овала свечения. На базе данных параметров в работе были разработаны и внедрены новые принципы анализа газоразрядных изображений и расчета параметров, характеризующих спортивно-важные качества спортсменов. Параметры получили условные названия «энергетический потенциал» (ЭП) и «стрессовый фон» (СФ). Для расчета параметров был введен вспомогательный параметр «интегральный коэффициент площади»:

$$JS = \frac{\ln\left(\frac{S}{S_1}\right)}{\ln\left(\frac{S'}{S'_1}\right)}, \quad (11)$$

где S – площадь изображения, S_1 – площадь внутреннего контура изображения, S' – площадь свечения тест-объекта, S'_1 – площадь внутреннего контура свечения тест-объекта.

Параметр ЭП характеризует психо-физиологическое состояние спортсмена. Вычисляется в %% от 0 до 100 %, где 100 % - максимальное значение, характеризующее высокую степень психофизиологической готовности и высокий энергетический резерв. ЭП рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭП} = \frac{n}{N} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где n – количество секторов, площадь которых лежит в диапазоне нормы, N – общее количество секторов (60). Диапазон нормы определяется на основании калибровочных данных, рассчитываемых в результате съемки и анализа газоразрядных изображений тест-объекта, и результатах статистического анализа большой группы практически здоровых людей.

Параметр СФ характеризует уровень тревожности, стресса. Измеряется в относительных единицах от 0 до 10, значение 10 соответствует максимальному уровню стрессового фона. Параметр «стрессовый фон» рассчитывается по формуле:

$$C\Phi = A + dRMS, \quad (13)$$

где параметры A и $dRMS$ вычисляются следующим образом:

$$dRMS = dRMSL + dRMSR, \quad (14)$$

$$dRMSR = |JSRF_RMS - JSR_RMS|, \quad (15)$$

$$dRMSL = |JSLF_RMS - JSL_RMS|, \quad (16)$$

где JSRF_RMS – среднеквадратичное отклонение (СКО) интегральной площади по правой руке с фильтром, JSR_RMS – СКО интегральной площади по правой руке без фильтра, JSLF_RMS – СКО интегральной площади по левой руке с фильтром, JSL_RMS – СКО интегральной площади по левой руке без фильтра.

Диапазон изменения параметра $dRMS \in [0; 1,5]$.

Параметр активации – A вычисляется с помощью вспомогательных функций:

$$JAL = JSLF - JSL, \quad (17)$$

$$JAR = JSRF - JSR, \quad (18)$$

где JSR – интегральный коэффициент площади по правой руке без фильтра, JSL – интегральный коэффициент площади по левой руке без фильтра, JSRF – интегральный коэффициент площади по правой руке с фильтром, JSLF – интегральный коэффициент площади по левой руке с фильтром.

Вводится относительный параметр:

$$JA = \left| \frac{JAL + JAR}{2} \right|, \quad (19)$$

значения которого лежат в диапазоне от 0 до 2 и делятся на три диапазона:

$JA \in [0; 0,2]$ - зона недостатка,

$JA \in [0,2; 0,6]$ - зона нормы,

$JA \in [0,6; 2]$ - зона избытка.

Путем линейного масштабирования параметра JA получаем параметр A по следующему алгоритму:

```

if (JA_min < JA < JA_norm_min) A = ComputeLinearProjection(JA, JA_min,
JA_norm_min, A_min, A_norm_min)
else if (JA_norm_min < JA < JA_norm_max) A =
ComputeLinearProjection(JA, JA_norm_min, JA_norm_max, A_norm_min,
A_norm_max)
else if (JA_norm_max < JA < JA_max) A = _ComputeLinearProjection(JA,
JA_norm_max, JA_max, A_norm_max, A_max)
if (JA < JA_min) JA = abs(JA)
if (JA > JA_max) JA = JA_max
A_min = 0.0
A_norm_min = 2.0
A_norm_max = 4.0
A_max = 10.0 - dRMS_max

```

Параметр рейтинг характеризует распределение по уровню психофизиологической готовности спортсменов в анализируемой группе или одного спортсмена в разные периоды обследования. Присваивается в порядке убывания параметра энергетический потенциал; при одинаковых значениях ЭП более высокий рейтинг присваивается спортсмену с более низким значением параметра СФ.

Для оценки уровня соревновательной готовности спортсмена на базе разработанных параметров были построены новые функции относительного

изменения параметров.

Относительное изменение ЭП в результате тренировки DE рассчитывается как:

$$DE = \frac{E_2 - E_1}{E_2 + E_1}, \quad (20)$$

где E_1 – значение энергетического потенциала до тренировки, E_2 – значение энергетического потенциала после тренировки.

Для оценки динамики изменения стрессового фона была введена функция относительного изменения стрессового фона DS :

$$DS = (S_1 - S_2)(S_1 + S_2)/100, \quad (21)$$

где S_1 – значение параметра стрессовый фон до тренировки, S_2 – значение параметра стрессовый фон после тренировки.

Обе построенные переменные позволяют оценить динамику изменения ГРВ параметров состояния спортсмена. Чем ближе функции к нулю, тем стабильнее и лучше параметры, описывающие ПФС спортсмена.

В четвертой главе рассмотрены практические аспекты апробации программно-аппаратного комплекса и автоматизированной системы поддержки принятия решений. Эти примеры иллюстрируют перспективы применения разработанного ПАК с системой поддержки принятия решений для исследования состояния и психофизиологической готовности спортсмена.

Апробация разработанного ПАК с СППР была произведена в рамках работы комплексных научных групп при проведении 595 обследований спортсменов олимпийского и паралимпийского уровня в следующих видах спорта: фигурное катание, биатлон, лыжные гонки, двоеборье, пулевая стрельба.

Статистический анализ данных показал, что представленные в работе параметры ГРВ статистически значимо (с достоверностью 95 %) различаются для групп спортсменов различной квалификации, показывающих различные результаты соревновательной деятельности на общероссийских и международных соревнованиях (табл.1). В каждую группу было отобрано по 50 спортсменов: в группу 1 вошли мастера спорта и мастера спорта международной категории, занимающие призовые места на соревнованиях; в группу 2 - кандидаты в мастера спорта и мастера спорта, показывающие нестабильные результаты на соревнованиях; в группу 3 - спортсмены 1 и 2 разрядов с различными соревновательными результатами.

Таблица 1.

Средние значения ГРВ параметров для групп спортсменов.

Группы	ЭП	СФ	DE	DS
Группа 1	89,9±3,3	2,59±0,28	0,007±0,026	0,014±0,019
Группа 2	70,9±7,3	3,69±0,44	-0,109±0,077	-0,043±0,049
Группа 3	54,6±8,2	4,79±0,44	-0,002±0,093	-0,032±0,059

На рис.4 приведены примеры экстраполяционных кривых параметров относительного изменения энергетического потенциала (DE) и стрессового фона (DS) спортсменов разной квалификации и соревновательной успешности сборной команды России по фигурному катанию.

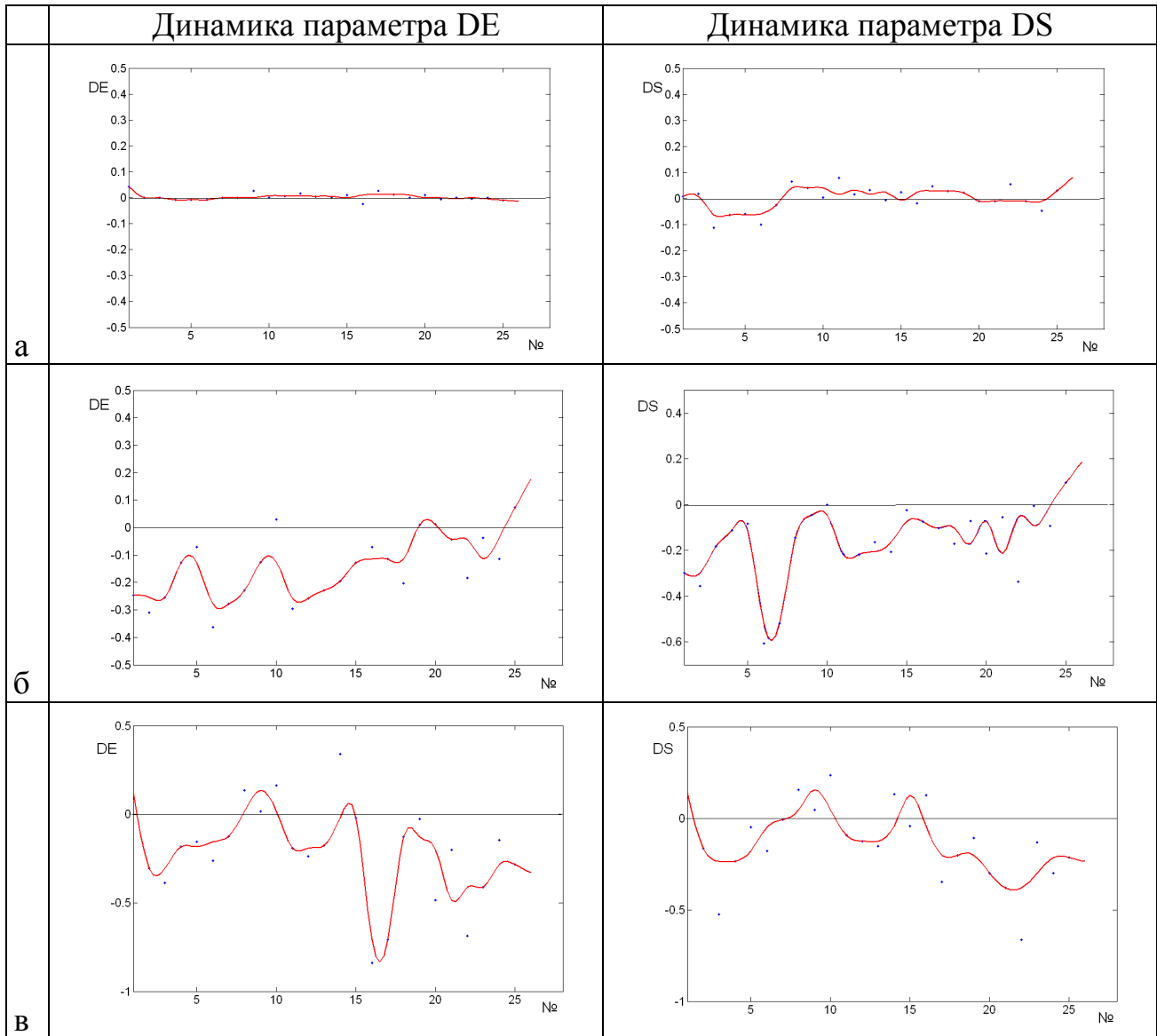


Рисунок 4. Экстраполяционные графики динамики относительных показателей ЭП и СФ: а – спортсмен, показывающий стабильно высокие результаты на соревнованиях и имеющий положительный прогноз соревновательной готовности; б – спортсмен, показывающий нестабильные результаты, но имеющий положительный прогноз соревновательной готовности; в – спортсмен, показывающий нестабильные результаты и имеющий отрицательный прогноз соревновательной готовности.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой прогностической значимости разработанной СППР. Ранжирование по группам, соответствующим разной психофизиологической готовности спортсменов согласно прогнозу СППР, хорошо соответствует результатам на соревнованиях

общероссийского и международного уровня. Средние значения занятых на соревнованиях мест статистически значимо (с достоверностью 95 %) различаются для спортсменов с различным прогнозом соревновательной готовности.

В главе также представлены результаты корреляционного анализа связи показателей ГРВ и variability сердечного ритма. Показаны значимые корреляции ряда параметров ГРВ с показателями частоты сердечных сокращений, амплитуды Р зубцов, длительностью интервалов QT и RR, длительностью QRS-комплексов.

При проведении плановых обследований спортсменов неотъемлемой частью исследования является анализ биосубстратов. Стандартно проводятся оценки биохимических показателей крови, генного статуса, при необходимости – биоэлементный анализ биосубстратов. В рамках проведенной работы был разработан блок оценки состояния волос спортсмена методом ГРВ. В результате проведенной работы были выявлены основные параметры газоразрядного свечения, характеризующие различное состояние волос.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе представлены разработанные научные принципы и алгоритмы построения программных средств многопараметрического программно-аппаратного комплекса экспресс-диагностики психофизиологического состояния спортсмена и прогнозирования соревновательной готовности на базе системы поддержки принятия решений. Разработана и апробирована математическая модель прогноза уровня соревновательной готовности спортсмена.

В рамках диссертационной работы проведены практические исследования более двухсот спортсменов олимпийского и паралимпийского уровня в различных видах спорта. Разработанные средства анализа психофизиологического состояния спортсмена и соревновательной готовности внедрены в практику обследования спортсменов в рамках работы комплексных научных групп.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основными результатами работы являются:

1. Проведен анализ и выбор методов экспресс обследования психофизиологического состояния спортсменов.
2. Разработана математическая модель и система поддержки принятия решений по оценке психофизиологического состояния спортсмена и прогнозу его соревновательной готовности.
3. Предложены алгоритмы оценки психофизиологического состояния спортсмена и прогнозирования соревновательной готовности.
4. Разработаны и реализованы принципы компьютерной обработки

газоразрядных изображений и расчета параметров для оценки спортивно-важных качеств спортсменов.

5. Разработаны структурные схемы, алгоритмы работы и проведена практическая реализация программно-аппаратного комплекса анализа психофизиологического состояния спортсменов.

6. Разработанный программно-аппаратный комплекс апробирован и внедрен в практику обследования спортсменов в рамках комплексных научных групп на базе ФГУ Санкт-Петербургского научно-исследовательского института физической культуры.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Величко, Е.Н. Оценка соревновательной готовности спортсмена на базе метода газоразрядной визуализации [Текст] / Е.Н.Величко // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского университета информационных технологий, механики и оптики. – 2010. - № 4 (67). – С.123.
2. Петрова (Величко), Е.Н. Принципы построения и структура автоматизированного программно-аппаратного комплекса оценки состояния здоровья [Текст] / Е.Н. Петрова (Величко), К.Г. Коротков, Д.В. Орлов, А.К. Короткова // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. - 2009. - Т.52. - № 5. - С. 16 – 20.
3. Петрова (Величко), Е.Н. Результаты и перспективы внедрения инновационных технологий в системе детско-юношеского спорта и спорта высших достижений [Текст] / Е.Н. Петрова (Величко), К.Г. Коротков, А.К. Короткова, А.В. Шапин // Теория и практика физической культуры. – 2008. - № 3. - с. 36 – 38, 55-56.
4. Петрова (Величко), Е.Н. Моделирование параметров электрического поля при исследовании волос методом газоразрядной визуализации [Текст] / Е.Н. Петрова (Величко) // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. - 2008. - Т.51. - № 7. - С. 46 – 50.
5. Петрова (Величко), Е.Н. Исследование ГРВ-свечения волос [Текст] / Е.Н.Петрова (Величко), К.Г. Коротков, В.А. Нечаев, А. Вайншелбойм, Д.Г. Коренюгин, В.К. Шигалев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2006. – Т 49. - № 2. - С. 51-56.
6. Петрова (Величко), Е.Н. Предварительные эксперименты по изменению характеристик газоразрядного свечения волос при различных условиях [Текст] / Е.Н.Петрова (Величко), А.Ю. Гришенцев // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского университета информационных технологий, механики и оптики. - 2006. - № 29. - С. 100-103.

Другие статьи и материалы конференций:

7. Величко, Е.Н. Методы регистрации, обработки и анализа изображений [Текст]: учебно-метод. пособие / Е.Н. Величко, Б.А. Крылов, А.Ю. Гришенцев.– СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 60 с.

8. Величко, Е.Н. Инновационные технологии в развитии спорта высших достижений [Текст] / Е.Н.Величко, К.Г. Коротков, А.К. Короткова, Д.В. Орлов // IV международный конгресс «Человек, спорт, здоровье»: Материалы конгресса. – СПб, 2009. - С 27 - 28.
9. Петрова (Величко), Е.Н. Использование инновационных технологий для анализа состояния спортсменов [Текст] / Е.Н. Петрова (Величко), К.Г. Коротков, А.К. Короткова, О.М. Шелков // Материалы международной научно-практической конференции «Медико-биологические проблемы обеспечения спорта высших достижений (зимние виды спорта)». – Минск: БГУФК, 2009. - С.157 – 162.
10. Petrova (Velichko) E. Analysis of psycho-physiological conditions of young athletes inclined to using alcohol and drugs [Text] / E. Velichko, S. Evseev, A. Korotkova // Book of Abstracts of the 13-th Annual Congress of the European College of Sport Science. - Estoril, Portugal, 9-12 July 2008. - P. 194.
11. Петрова (Величко), Е.Н. Инновационные технологии в системе детско-юношеского спорта и спорта высших достижений [Текст] / Е.Н.Петрова (Величко), К.Г. Коротков, А.К. Короткова // Материалы XII международного научного конгресса по ГРВ биоэлектрографии «Наука. Информация. Сознание». - Санкт-Петербург, 2008. - С. 109 – 111.
12. Петрова (Величко) Е.Н., Статистическая обработка данных малых групп [Текст] / Е.Н.Петрова (Величко), С.Н. Мишарина, К.Г. Коротков, А.Н. Суворов, А.В. Шевцов // Материалы конференции «Современные проблемы физической культуры и спорта», Том 2. - Санкт-Петербург, 2008. - С. 210 – 212.
13. Петрова (Величко) Е.Н. Влияние массажа с ароматерапией на энергетическое состояние спортсмена [Текст] / Е.Н.Петрова (Величко), К.Г. Коротков, А.К. Короткова, А.В. Шапин, П. Матраверс // Материалы конференции «Современные проблемы физической культуры и спорта». Том 2. - Санкт-Петербург, 2008. - С. 198 – 200.
14. Величко, Е.Н. Использование метода ГРВ биоэлектрографии для экспресс-оценки функционального состояния спортсменов-паралимпийцев с поражением опорно-двигательного аппарата [Текст] / Е.Н.Величко, К.Г. Коротков, А.К. Короткова, Д.В. Орлов // Всероссийская научно-практическая конференция «Паралимпийское движение в России на пути к Ванкуверу: проблемы и решения». Материалы конференции – СПб: ФГУ СПбНИИФК, 2009. - С. 67 – 69.
15. Петрова (Величко), Е.Н. Методика исследований динамических характеристик газоразрядного свечения волос [Текст] / Е.Н.Петрова (Величко) // Сборник научных трудов СПб НИИФК. - СПб, 2005. - С.267-269.
16. Петрова (Величко), Е.Н. Исследование состояния организма человека на основе метода газоразрядной визуализации [Текст] / Е.Н.Петрова (Величко), Т.М. Перчанок // XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Часть VI. – СПб: Изд-во Политехнического университета, 2005. – С. 105-106.