

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ АДАПТАЦИИ В СПОРТЕ И УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*Кандидат педагогических наук, доцент О.В. Жбанков, Д.С. Петров
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва*

*Кандидат педагогических наук, доцент В.А. Головина
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва*

Ключевые слова: диагностика психофизического состояния (ПФС), двустороннее взаимодействие биообъекта и средства измерения электрофизических параметров, нормализованная количественная оценка ПФС, шкала индекса ПФС, кожно-гальваническая реакция (КГР).

Адаптивные изменения функционального состояния различных систем организма спортсмена под воздействием тренировочных и соревновательных нагрузок, а также студента (стрессогенное воздействие учебной среды) происходят гетерохронно. На разных стадиях этого процесса реакция различных систем специфична и не всегда поддается оперативной диагностике [11, 21]. К признакам оптимального уровня адаптированности можно отнести максимум реализуемых функций (наибольшая скорость реакции и двигательных действий, наибольшая точность, высокая степень концентрации и распределения внимания и т.п.), а также длительность сохранения рабочих функций на максимальном уровне. По этим критериям условия деятельности спортсмена в общем виде соответствуют определению "человек-оператор" [14, 15, 17, 18].

Важный момент в оценке функционального состояния человека-оператора - уровень нейробиохимического (эмоционального) напряжения. Известно два типа разбалансирования регуляторной функции в этой сфере - гипермобилизация (чрезмерное возбуждение) и развитие тормозных процессов (охранительное торможение). В спортивной практике подобные проявления определяют как разновидности предстартового состояния - "предстартовую лихорадку" и "предстартовую апатию". Для обоих случаев характерны специфические проявления нарушения способности произвольного переключения от состояния релаксации к активации (концентрации на предстоящем действии), и наоборот [13, 18]. Поскольку такая картина отражает объективные процессы, происходящие в организме, оба случая можно определить как полярные проявления психофизического состояния (ПФС). Подобные проявления характеризуют возможность реализации спортсменом его наличного двигательного потенциала и, таким образом, их можно рассматривать как факторы, в значительной степени влияющие на результативность спортивного выступления [10, 21].

Многие исследователи отмечают, что слежение за эмоциональным напряжением позволяет при определенных условиях предсказывать возможное ухудшение работоспособности человека до того, как это произошло [15, 21]. **При этом в качестве информативного показателя изменения ПФС человека-оператора используются вегетативные реакции - электрокожное сопротивление (ЭКС), кожно-гальваническая реакция (КГР)** [1, 4, 9, 11, 22]. В частности, А.А. Алдерсонс [1] отмечает, что КГР "используется во всех случаях как индикатор - и притом весьма чувствительный - состояния активации человека". Однако проблема количественного оценивания ПФС затруднена рядом технических сложностей. Ведь при регистрации электрофизических параметров, характеризующих функциональное состояние биологического объекта (в т.ч. ЭКС), сам объект и средство измерения находятся в двустороннем взаимодействии. Степень и характер такого взаимовлияния отражаются на погрешности измерения, что приводит к снижению диагностической ценности измеряемого параметра.

Проблема повышения адекватности диагностики ПФС ведет свою историю с конца XIX века, когда независимо друг от друга Тарханов и Фере установили, что при изменении состояния организма, а также в ответ на внешние воздействия (сенсорные или механические раздражения) электрические свойства кожи меняются [11].

Существует два принципиально разных метода контактного измерения электрических параметров кожи - пассивный и активный. Известные сегодня контактные методы измерения могут оказывать возмущающее воздействие на биообъект, вплоть до разрушения строения элементов кожи в месте измерения [1, 4, 13]. Если в методах пассивного исследования электрической активности это обусловлено лишь механическим воздействием электродов на кожу, то в активных методах добавляется возмущающее воздействие измерительного сигнала (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Методы исследования электрической активности кожи

| | |
|--|--|
| Фере | Тарханов |
| Активный (с внешним источником поля) | Пассивный |
| Наложение электродов непосредственно на кожу испытуемого (контактные)! | |
| Экзосоматический | Эндосоматический |
| Измерение сопротивления или электропроводимости | Измерение электрических потенциалов кожи |

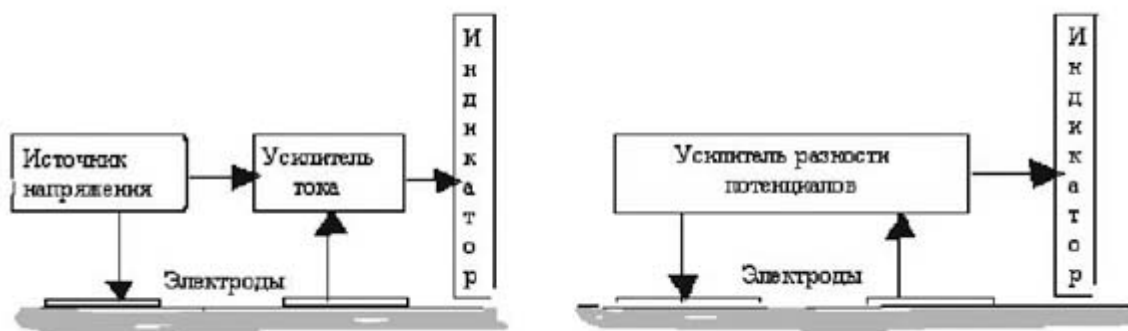


Рис. 1. Принципиальные различия активного (Фере) и пассивного (Тарханов) методов исследования электрической активности кожи

Анализ разработок, используемых сегодня в диагностической практике (табл. 2) обнаруживает широкий спектр параметров измерительного сигнала при определении ЭКС. Однако при всей широте диапазона используемых характеристик очевидно, что измерение должно удовлетворять двум условиям:

- 1) сохранению морфологической интактности места измерения;
- 2) сохранению функционального состояния объекта .

Но даже соблюдение этих условий не гарантирует минимизации погрешности измерения, а значит, не решает проблемы количественной оценки ПФС. Ведь индивидуальные значения ЭКС, изначально находящиеся в весьма широком диапазоне, к тому же варьируются в зависимости от состояния кожи испытуемого, влажности и температуры окружающего воздуха и некоторых других факторов, не связанных непосредственно с изменением ПФС обследуемого.

В попытках решить проблему количественной оценки некоторые исследователи (Г.В. Милованова, 1985, В.В. Суходоев, 1987) идут по пути получения нормализованного показателя, основанного на измерении амплитуды отклонения ЭКС в процессе выполнения физической или эмоциональной нагрузки. Известны также предложения использовать для этой цели логарифмическую шкалу [14, 15]. Однако практически во всех работах отмечается, что существенная зависимость физиологических "норм" от индивидуальных особенностей оператора позволяет надежно диагностировать только резко выраженные изменения состояния (шок, гипоксия и т.п.). Тем не менее диагностика состояния, основанная на анализе динамики физиологических показателей, признается существенно более информативной, чем прочие методические приемы [3, 6].

Таблица 2. Технические характеристики основных методов измерения ЭКС

| Метод измерения ЭКС | Параметры измерительного сигнала | | | | | |
|----------------------------|----------------------------------|------------|---------------------------------|----------------|----------------|------------------------------------|
| | Напряжение, В | Ток, мкА | Количество электричества, мкА/с | Мощность, мкВт | Работа, мкВт/с | Плотность тока, мкА/с ² |
| Монтагу, Колес | 0,5 - 1 | 5 - 10 | 600 | 10 | 600 | 10 |
| Алдерсонс | 1,5 | 10 | 600 | 15 | 900 | 10 |
| Накатани | 1,5 | 0 - 200 | 600 | 2400 | 7200 | >200 |
| Нечушкин | 1,5-3 | 0 - 20 | 60 | 60 | 180 | >200 |
| Мотояма (прибор АМ1) | 3 | 2000 | 200 | 6000 | 600 | >200 |
| Фоль | 1,8 | 5,5 - 12,5 | 188 | 22,5 | 338 | >30 |
| Прибор "Элитерис 5 УМ-003" | 12 | 2 | 10 | 24 | 120 | 64 |
| Приборы "Элита-4"; "ПЭП-1" | 12 | 50 | 250 | 600 | 3000 | >200 |
| Авт. свид. СССР И01230 | 12 | 250 | 0,125 | 3000 | 1500 | >200 |

Между тем в практике как спорта высоких достижений, так и оздоровительной двигательной активности, а также в профессиях, представителей которых можно обобщенно охарактеризовать как "человек-оператор", необходимо иметь средство оперативной количественной оценки ПФС. Только на этой основе возможна индивидуализация процесса спортивной, оздоровительной тренировки, а также процессов рекреации представителей "экстремальных" профессий. Подобное состояние проблемы предопределило наш интерес к разработке технологии контроля и коррекции ПФС "Visual SGR" (www.skgr.narod.ru), которая реализована на базе информационно-методической системы (ИМС) "Релакс" [7].

На основе анализа технических характеристик устройств, используемых в практике для измерения (ЭКС), нами был выбран в качестве базового метод Фере, как наиболее устойчивый к помехам переменного типа. Принцип работы аппаратного блока системы "Visual SGR" заключается в том, что через кожу пропускается специальный зондирующий сигнал и измеряется его ослабление на выходе, что имеет прямую связь с величиной ЭКС. В качестве зондирующего сигнала применяется положительное переменное напряжение в диапазоне 1,25-3,75 В. Форма сигнала - стандартная синусоида. Переменный характер сигнала применяется для того, чтобы избежать поляризации контактов в системе "элек-

трод--кожа", которые в первом приближении могут быть рассмотрены как емкостной элемент. Частота сигнала была выбрана равной 5 Гц во избежание наведения переменных помех от бытовой электрической сети частотой 50 Гц. Величина тока зондирующего сигнала не превышает 20 мкА, т.к. в соответствии с работами Алдерсона и других исследователей, чтобы избежать повреждения структуры кожи, плотность тока не должна превышать 10 мкА/см² при площади электродов $S = 2 \text{ см}^2$ [1, 11]. С помощью аналогоцифрового преобразователя (АЦП) и встроенного микропроцессора величина ЭКС оцифровывается и передается через интерфейс RS232 в последовательный порт компьютера специализированной программы. Программно управляемый вывод аналоговых сигналов, а также возможность аппаратного самотестирования и тарировки измеренной характеристики позволяет ИМС "Visual SGR" предъявлять пользователю отмасштабированную визуальную информацию, обрабатываемую в режиме реального времени с дискретностью 1 с (рис. 2).

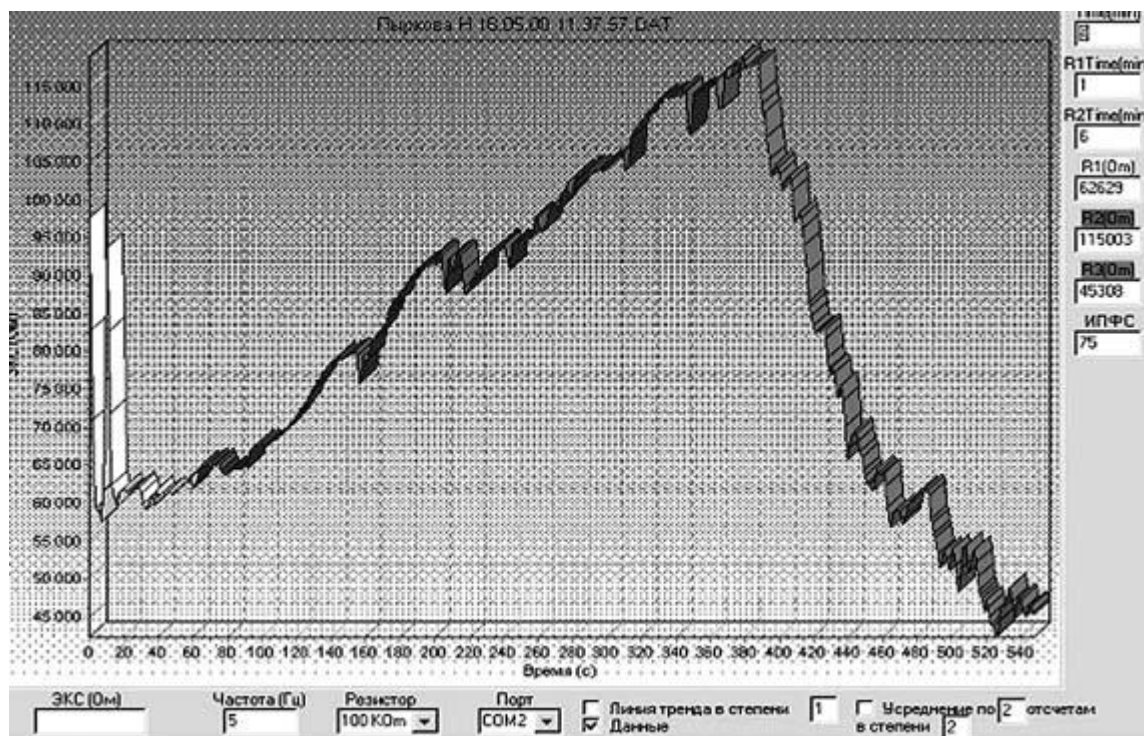


Рис. 2. Форма отображения ИМС "Visual SGR" процесса тестирования ПФС

Поскольку одна из задач разработки - увеличение пропускной способности процедуры тестирования, аппаратный блок системы "Visual SGR", сопрягающийся с компьютером, содержит четыре входных канала для ввода аналоговых сигналов. Это позволяет проводить одновременное тестирование четырех испытуемых. В каждом канале имеется устройство выборки и хранения (УВХ) аналоговой информации, которое обеспечивают решение двух технических задач:

- синхронности отсчета сигналов по разным каналам;
- повышения динамической точности измерительной схемы за счет снижения апертурных погрешностей.

В методической основе ИМС - метод оценки динамики ЭКС (модификация методики, предложенной Ф. Я. Верховским [5]). Для оценки ПФС испытуемый выполняет стандартную программу с задачами: вначале 6 мин релаксации, а затем 3 мин активации. После наложения электродов на два пальца одной руки и включения прибора система обрабатывает программу тестирования. При этом регистрируется три значения ЭКС:

- в конце 1-й мин, после завершения переходных процессов, - начало фазы релаксации (R1);

- в конце 6-й мин - завершение 5-минутной фазы релаксации (R2);

- в конце 9-й мин - завершение 3-минутной фазы активации (R3).

Подобный методологический подход позволил сформулировать семантическую функцию, адекватно отражающую степень повышения ЭКС при релаксации и снижения при активации испытуемого:

ИПФС = $\{(1+R2/R1)^2 - (R3/R1)^2\} / \sqrt{1 + (R3/R2)} \times 10$, где ИПФС - нормализованный индекс психофизического состояния (в усл. ед.).

Таблица 3. Результаты сравнительного тестирования психофизиологических характеристик студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана и РХТУ им. Д.И. Менделеева

| Испытуемые | РДО | | Корреляция С ИПФС | СКВ | | Корреляция с ИПФС | ИПФС | |
|--------------------|-------|------|----------------------|-------|-------|----------------------|------|------|
| | X | 0 | | X | 0 | | X | 0 |
| Мужчины, n = 47 | 42,33 | 5,16 | 0,76 | 46,64 | 8,12 | 0,79 | 30,9 | 5,33 |
| Женщины, n = 41 | 38,71 | 6,18 | 0,71 | 48,35 | 12,57 | 0,82 | 37,3 | 6,88 |

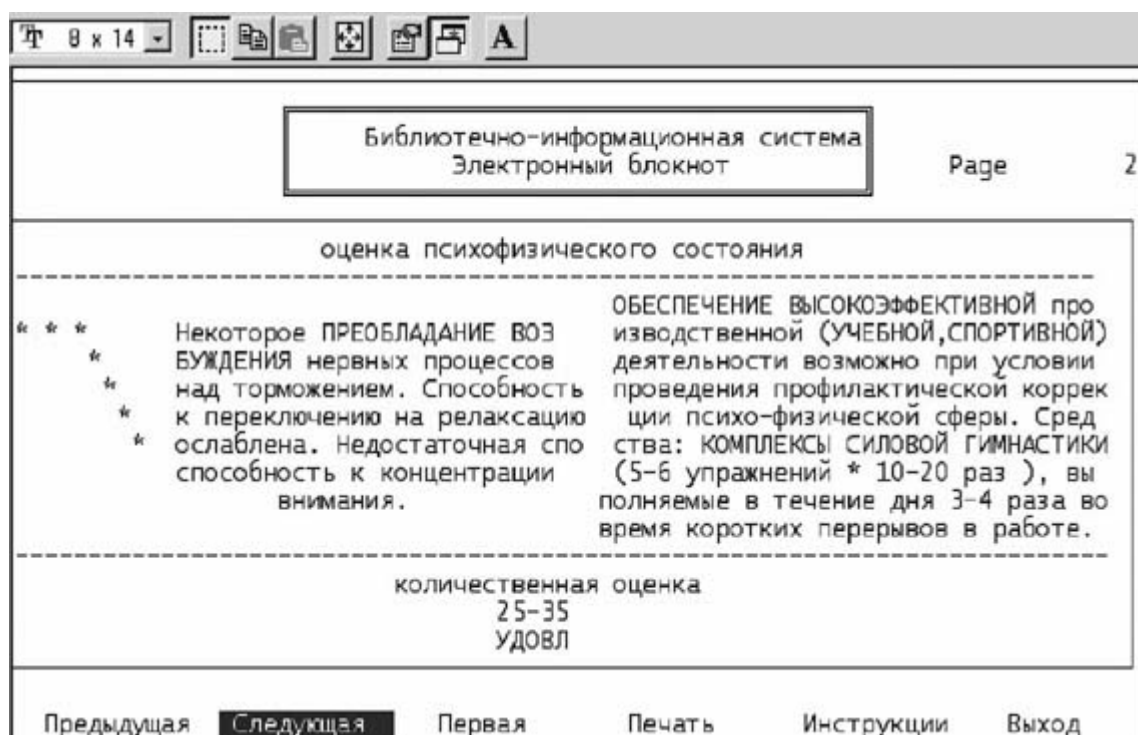


Рис. 3. Форма представления ИМС "Visual SGR" экспертной оценки ПФС с рекомендациями

Переход в относительную систему вычислений позволяет решить три основные методические задачи, ограничивающие широкое применение технологии в педагогической практике:

1) "уход" от оперирования с индивидуальными абсолютными значениями ЭКС, находящимися в весьма широком диапазоне;

2) нейтрализацию влияния на точность измерений усилия прижатия электродов и места их наложения;

3) оценку именно силы процесса "релаксация - активация", что дает возможность его анализа как с качественной, так и с количественной стороны (индекс ПФС).

Отображая качественную сторону процесса произвольного переключения "релаксация - активация" (форма графической кривой), ИМС "Visual SGR" выводит на экран также значение ИПФС. Статистический материал, полученный в ходе исследования, - 548 случаев тестирования квалифицированных спортсменов (единоборства, спортивные танцы, бадминтон, ритмическая гимнастика), а также студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана и РХТУ им. Д.И. Менделеева, занимающихся физкультурой по программе ОФП, - позволил выявить диапазоны значений индекса ПФС: мужчины - 16 - 98, женщины - 16 - 119. Средние значения индекса (муж. - 31, жен. - 40) рассматривались нами в дальнейших исследованиях как "базовые". На основе подобной статистики разработана шкала оценок ПФС [7, 8]:

Отлично - >55.

Хорошо - 46 - 55.

Удовл. - 35 - 45.

Посредств. - 25 - 34.

Неудовл. - < 25.

Для проверки информативности теста у части испытуемых (87 человек) проведено параллельное исследование ПФС с помощью традиционных психофизиологических тестов. Определялись способность к концентрации и распределению внимания (СКВ) - двухцветная таблица (модификация теста Шульте - Горбова) и реакция на движущийся объект (РДО) [9]. Полученные результаты (табл. 3) обнаруживают высокую степень достоверной статистической взаимосвязи значений упомянутых характеристик с ИПФС.

На основе анализа информации, предоставляемой ИМС "Visual SGR", педагог может разработать развернутую интерпретацию ПФС и подобрать адекватные средства и методы его коррекции. Таким образом формируется библиотека интерпретаций-рекомендаций (авторская база знаний), которую ИМС может использовать для работы в режиме эксперта (рис. 3).

Работа ИМС "Visual SGR" в режиме тренажера дает спортсмену и тренеру возможность, получая срочную информацию (канал обратной связи), наблюдать за эффективностью процесса в режиме реального времени. Выполняя релаксационные упражнения (ауто-тренинг, копинг, медитация и т.п.), спортсмен, таким образом, вырабатывает и совершенствует навык управления обратимым переключением процесса "релаксация - концентрация".

E-mail: jbanol@mail.ru

Литература

1. Алдерсонс А.А. Механизмы электродермальных реакций. - Рига: Зинатне, 1985.

2. Аминов Н.А. Скорость изменения кожного сопротивления как показатель функционального состояния при свободном и навязанном режиме работы. - М.: Наука, 1980.
3. Антоненко Л.В. Количественная оценка физиологических показателей космонавтов во время полета космических кораблей "Союз-6" и "Союз-8" // Актуальные вопросы космической биологии и медицины. М., 1971, с. 6 - 7.
4. Аракелов Г.Г., Шотт Е.К. КГР как проявление эмоциональных, ориентировочных и двигательных составляющих стресса // Психологический журнал 1998, № 4, с. 70-79.
5. Верховский Ф.Я., Киселев А.И. и др. Оценка результативности спортивной деятельности по динамике электрокожного сопротивления // Психологический журнал. 1990, № 3, с. 96 - 100.
6. Денисов В.Г., Онищенко В.Ф. Инженерная психология в авиации и космонавтике. - М.: Машиностроение, 1972. - 313 с.
7. Жбанков О.В., Лебязьев А.Н. Компьютерная система как средство управления психофизическим состоянием спортсмена // Теория и практика физ. культуры. 1994, № 11, с. 46 - 48.
8. Жбанков О.В., Телеснина И.В. Спортивные танцы - форма физического воспитания и средство адаптирующего воздействия /Материалы VI Межуниверситетской науч.-метод. конф.: "Организация и методика учебного процесса, физкультурно-оздоровительной и спортивной работы", Ч. 1. - М.: МГУ, 2000, с. 93 - 95.
9. Жбанков О.В. Влияние двигательной активности студентов на эффективность интеллектуальной деятельности посредством информационно-методической системы // Спорт для всех. 1999, № 1, с.10 - 17.
10. Жбанков О.В., Карданов В.И. и др. Информационно-методическая система как инструмент оптимизации психофизического состояния кикбоксеров // Теория и практика физ. культуры. 2001, № 5, с. 17-20.
11. Иванов Ю.К. История, теория и практика исследования КГР у человека. Киев, 1974.
12. Карпман В.Л. и др. Тестирование в спортивной медицине. - М.: ФиС, 1988. - 208 с.
13. Крауклис А.А., Алдерсонс А.А. Условия возникновения и закономерности динамики кожно-гальванической реакции // Физиология человека 1982, т. 8, № 6, с. 910 - 918.
14. Методика и техника исследований операторской деятельности. Сборник статей /Под ред. Волкова. - М.: Наука, 1985.
15. Методика исследования и диагностики функционирования человека-оператора в экстремальных условиях. - М: Ин-т психологии АН СССР, 1987, с. 290.
16. Психофизиологические исследования интеллектуальной саморегуляции и активности. Сборник статей /Под ред. Русалова. - М.: Наука, 1980.
17. Психофизиологические показатели: автоматизированные исследования: Сб. ст. /Под ред. Кориневского. - М.: Наука, 1990.
18. Психофизиологические исследования ФС человека-оператора: Сб. ст. /Под ред. Фролова. - М.: Наука, 1993.

19. Слынько П.П. Потоотделение и проницаемость кожи человека. Киев, 1973. - 256 с.
20. Хэссет Дж. Введение в психофизиологию/ Пер. с англ. М., 1981. - 248 с.
21. Шахов Ш.К. Программирование физической подготовки единоборца. Махачкала, 1997. - 260 с.
22. Lacey J., Lacey B. The law initial value in the longitudinal Study of autonomic constitution: reproducibility of autonomic responses and response patterns over a four year interval. - Annals New York Acad. Sai., 1962, vol, 98, p.1257 - 1290.

<http://lib.sportedu.ru/press/tpfk/2003n2/p20-23.htm>