

Методика контроля психофизиологического состояния обучаемого

© Е.Ю. Латышева, Л.Х. Кураева, И.Н. Спиридонов

НИИЦ БТ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Описана последовательность действий при контроле психофизиологического состояния обучаемого. Предложены методы регистрации психофизиологических показателей, представлен комплекс мимических признаков для оценки состояния психического напряжения человека при работе на тренажере.

Ключевые слова: психофизиологическое состояние, бесконтактный метод регистрации, мимика.

Введение. Контроль психофизиологического состояния в условиях, требующих длительного или повышенного внимания при депривации сна, нарушении нормального цикла «бодрствование – сон», ответственных заданиях, является актуальной задачей [1, 2]. Современные тренажерные системы позволяют имитировать сценарии боевых задач и близкие к реальным условия их выполнения. Данные динамики психофизиологических показателей в процессе занятий на тренажерах необходимы для составления экспертного решения о функциональных качествах обучаемого или коррекции программы обучения в целях повышения эффективности его деятельности при обучении.

В процессе контроля психофизиологического состояния необходимо решать следующие задачи:

- выявлять момент перехода от состояния бодрствования до состояния утраты контроля над объектом управления (состояние перехода ко сну) вплоть до засыпания;
- определять состояние психического напряжения обучаемого.

Объективный контроль состояния обучаемого при выполнении заданий на современных тренажерных системах военного назначения позволяет выявить изменчивость компонентов психофизиологической структуры деятельности обучаемого.

Определение состояния перехода ко сну. Одной из наиболее частых причин возникновения ошибок в профессиональной деятельности является критическое снижение уровня бодрствования. Непосредственной причиной различных инцидентов на транспорте и производстве является возникновение кратковременных эпизодов сна — «микросна» длительностью 3...10 с [3].

Процесс перехода от активного бодрствования к утомлению и первой стадии сна является гетерохромным и многофазным, характеризуется следующими психофизиологическими показателями [3]:

- уменьшением альфа-активности, появлением низкоамплитудных медленных тета- и дельта-волн (на электроэнцефалограмме);
- альфа-ритмом, снижением его частоты и распространением в теменную область коры головного мозга;
- изменением частоты сердечных сокращений (ЧСС);
- закрыванием глаз на более продолжительное время, чем в состоянии активного бодрствования;
- увеличением частоты морганий.

Как показали исследования [3], пороги перехода в состояние сна у каждого человека индивидуальны, поэтому построение обобщенной модели определения состояния перехода ко сну нецелесообразно.

Методы регистрации психофизиологических показателей состояния перехода ко сну. Перечисленные выше психофизиологические показатели регистрируют и описывают методами электроэнцефалографии, кардиоритмографии, фотоплетизмографии, электроокулографии, видеорегистрации.

В табл. 1 приведена обобщенная информация по психофизиологическим показателям и методам их регистрации. Критериями выбора методов для использования в современных тренажерных комплексах военного назначения являются: отсутствие контакта технических средств регистрации данных с человеком, отсутствие психологического воздействия на человека при регистрации данных.

Таблица 1

Методы регистрации психофизиологических показателей перехода ко сну

Показатель		Метод регистрации	Бесконтактная регистрация	Психологическое воздействие
Наименование	Тип			
Альфа-активность головного мозга	Нейрофизиологический	Электроэнцефалография	Нет	Да
Векодвигательная активность	Поведенческий	Электроокулография	Нет	Да
		Видеорегистрация	Да	Нет
ЧСС	Вегетативный	Кардиоритмография	Нет	Да
		Видеорегистрация	Да	Нет
		Фотоплетизмография	Нет	Да

В соответствии с этими двумя критериями рекомендуется использовать следующие методы регистрации психофизиологических показателей перехода в состояние сна:

- видеорегистрации вегетативных показателей, а именно ЧСС [4];
- видеорегистрации поведенческих показателей, а именно векодвигательных реакций.

Методы бесконтактной регистрации векодвигательных реакций и ЧСС заключаются в регистрации видеоизображения лица человека и его последующей потоковой обработке. Для выделения области лица и глаз используют адаптивное усиление каскадных классификаторов, работающих в пространстве Хаара-подобных признаков, на изображении [4, 5]. При определении векодвигательных реакций применяется предварительная цифровая фильтрация изображения в целях улучшения его характеристик и цветовая сегментация для определения состояния глаз.

Согласно перечню психофизиологических показателей перехода к дремотной стадии сна необходимо выявить следующие характеристики векодвигательных реакций:

- частоту моргания;
- длительность смыкания век.

В работе [6] указана минимальная и средняя длительность смыкания век — 0,1 и 0,35 с соответственно, минимальная, максимальная и средняя частота морганий за 1 с — 0,017, 0,77 и 0,125 соответственно.

Определение состояния психического напряжения обучаемого. Для решения такой задачи необходимо установить уровни и показатели психического напряжения человека, а также выбрать методы определения психофизиологических показателей психического напряжения обучаемого.

Уровни психического напряжения человека. Под психическим напряжением человека в условиях стресса понимают физическое напряжение, утомление и т. д. В работах, описывающих особенности деятельности человека в сложных условиях, вместо понятия «стресс» часто используют понятия «психическая напряженность» и «психическое напряжение». При этом понятие «психическая напряженность» служит для обозначения состояний, оказывающих отрицательное влияние на деятельность, в этом случае оно противопоставляется понятию «психическое напряжение» [7].

На основании субъективных ощущений испытуемых, исследования при помощи опросника, сбора анамнестических данных, медицинского обследования и наблюдения Т. Немчин выделяет три разновидности состояния нервно-психического напряжения (уровня напряжения) в зависимости от интенсивности его выражения [7]:

- слабое;

- умеренное (соответствующее собственно напряжению);
- чрезмерное (соответствующее собственно напряженности).

Первый уровень может быть назван напряжением лишь условно. При этом признаков напряжения либо не наблюдается совсем, либо их проявления настолько незначительны, что испытуемые не склонны считать свое состояние нервно-психическим напряжением. В данном случае у испытуемых не происходит «включения» в экстремальную ситуацию, она не расценивается ими как сложная, требующая мобилизации усилий на ее преодоление и достижение поставленной цели. Они не отмечают каких-либо явлений соматического либо психического дискомфорта или, напротив, комфорта. В результате при исследовании испытуемых характеристики их состояния не отличаются от обычных, повседневных характеристик соматической и нервной систем.

Самыми общими характеристиками второго уровня напряжения выступают концентрация психической деятельности, повышение активности соматического функционирования и чувство общего подъема морально-психических, душевных и физических сил. В психической деятельности наблюдаются существенные позитивные сдвиги: внимание становится более устойчивым, увеличивается его объем, усиливается способность к концентрации на выполняемом задании, снижается отвлекаемость. Кроме того, повышается продуктивность и эффективность когнитивной деятельности в целом, увеличивается точность движений, уменьшается количество ошибок.

Для третьего уровня напряжения типичны дезорганизация психической деятельности, существенные отклонения в психомоторике, глубокие сдвиги в нейродинамических характеристиках и ярко выраженное чувство общего психического дискомфорта. Чувство дискомфорта сопровождается отрицательным эмоциональным фоном, падением настроения, ощущениями тревоги, беспокойства, острым ожиданием неудачи, провала и других неприятных последствий сложившейся экстремальной ситуации. Выявляются отчетливые признаки нарушений в психической сфере: значительно снижается объем внимания, его устойчивость и способность к концентрации, способность к переключению внимания; существенно снижаются продуктивность кратковременной памяти и способность к долговременному вербальному сохранению; обнаруживаются ярко выраженные негативные сдвиги и в такой характеристике оперативного мышления, как способность к решению логических задач; страдает координация деятельности, наблюдается снижение умственной работоспособности, помехоустойчивости, эмоциональной устойчивости, ухудшение сообразительности, настроения, координации движений.

Психическое напряжение третьего уровня отрицательно сказывается на эффективности деятельности человека.

Показатели психического напряжения человека. В настоящее время считают, что наиболее важными индикаторами наличия психического напряжения второго и третьего уровней являются физиологические сдвиги и показатели деятельности. Они позволяют дать количественную оценку состояний психического напряжения человека, что делает психологический анализ более объективным [7–9].

По физиологическим показателям признаком психического напряжения третьего уровня следует считать интенсивные, сверхобычные физиологические изменения. При оценке уровня напряжения наиболее часто используют следующие физиологические параметры [9–12]:

- ЧСС;
- сигнал кожно-гальванической реакции;
- частоту дыхания;
- различные индексы, рассчитываемые по сигналу электроэнцефалографии;
- электроокулограмму;
- тонус резистивных и магистральных сосудов (по фотоплетизмограмме);
- стабиллограмму и др.

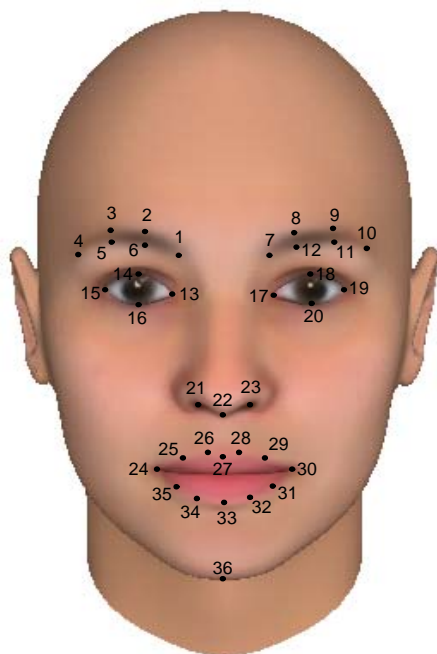
Для оценки психического напряжения наряду с физиологическими широко используют и показатели деятельности, такие как [10, 11]:

- количество ошибок в тестах;
- объем запоминаемых данных;
- время выполнения теста;
- скорость реакции;
- скорость обработки информации и др.

Сложным вопросом, вызывающим противоречивые мнения при разработке метода оценки психического напряжения, является соотношение психического напряжения и эмоций. Считается, что фундаментальным компонентом психического напряжения является эмоциональное возбуждение. Так, М. Роговин отмечает, что тормозная форма реагирования характеризуется общим мышечным напряжением (особенно выраженным в мимике), скованностью позы и движений, разного рода фиксациями, пассивностью, замедленным течением психических процессов, своеобразной «эмоциональной инертностью», проявляющейся в безучастности. Импульсивная форма реагирования выражается в бурной экстраверсии, суетливости, многословии, гипертрофии двигательных проявлений, быстрой смене принимаемых решений, повышенной легкости перехода от одного вида деятельности к другому, несдержанности в общении и т. д. [13].

Таким образом, возможно определение уровня психического напряжения по особенностям двигательных проявлений человека, в частности по мимике.

Оценка психического напряжения обучаемого по изображению с веб-камеры. С использованием антропометрических контрольных точек лица [5] сформирован комплекс мимических признаков для оценки уровня психического напряжения человека по модели изображения лица. В качестве мимических признаков выбраны геометрические параметры модели — углы и расстояния между контрольными точками лица (рисунок).



Контрольные точки для определения мимических признаков

Комплекс мимических признаков включает семь углов:

Угол.....	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6	c_7
Точки.....	7-19-17	10-17-19	1-15-13	4-13-15	24-22-30	14-15-13	18-19-17

и 26 расстояний между контрольными точками:

Расстояние.....	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8
Точки.....	13-22	17-22	14-16	18-20	1-13	7-17	13-24	17-30
Расстояние.....	r_9	r_{10}	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{15}	r_{16}
Точки.....	4-15	19-10	15-13	19-17	1-4	7-10	15-3	19-9
Расстояние.....	r_{17}	r_{18}	r_{19}	r_{20}	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_{24}
Точки.....	13-2	17-8	1-7	36-22	36-33	36-27	27-33	22-27
Расстояние.....	r_{25}	r_{26}						
Точки.....	24-30	21-23						

Для автоматического определения уровня психического напряжения человека по изображению лица целесообразно использовать классификатор на основе искусственной нейронной сети [5], который применяет исходные мимические признаки без учета нейтрального состояния человека и обучен по изображениям лиц реальных людей в состоянии психического напряжения.

Операции методики контроля психофизиологического состояния обучаемого. Предлагаемая нами методика контроля психофизиологического состояния обучаемых включает оценку ЧСС, определение векодвигательных реакций, расчет комплекса мимических признаков.

Данная методика может быть реализована программно-техническими средствами определения психофизиологического состояния обучаемого и использована в процессе изучения теоретических материалов, получения практических навыков на тренажерах, выполнения контрольных тестовых заданий и контрольных заданий на тренажерах.

Для проведения операций методики рабочее место обучаемого должно быть оснащено техническими средствами регистрации видеоизображений лица. Требования к средствам и условиям регистрации представлены ниже [12]:

Разрешение изображения, пиксел × пиксел, не менее.....	1920×1080
Тип развертки видеоизображения.....	Прогрессивная
Количество кадров за 1 с, не менее.....	20
Освещенность объекта в области лица, лк, не менее.....	150
Расположение объекта:	
поворот, град, не более.....	±15
наклон, град, не более.....	±15
отклонение, град, не более.....	±15
Расстояние между центрами глаз, пиксел, не менее.....	60
Особенности внешности объекта регистрации:	
раса.....	Европеоидная, монголоидная
усы, борода.....	Нет
очки.....	Нет
длинные волосы.....	Нет

Методика включает следующие операции:

- определение в режиме реального времени параметров векодвигательных реакций обучаемого (частота морганий, длительность смыкания век), уровня психического напряжения;

- расчет динамики психофизиологических показателей обучаемого в течение занятия: минимальной, максимальной и средней частоты морганий, минимальной, максимальной и средней длительности смыкания век, минимальной, средней и максимальной ЧСС, частоты встречаемости психического напряжения каждого уровня. Перечень

статистических показателей и временной интервал их расчета уточняются в процессе тестирования.

Заключение. Предложенная методика контроля психофизиологического состояния обучаемого позволит повысить эффективность обучения, скорректировать индивидуальную образовательную траекторию обучаемого.

На основе анализа литературы установлен перечень психофизиологических показателей перехода в состояние сна, а также предпосылки определения психического напряжения по комплексу мимических признаков. Из существующих методов регистрации психофизиологических показателей выбран метод видеорегистрации, который является бесконтактным и не оказывает психологического воздействия на человека при регистрации. Выделены уровни психического напряжения человека, предложен комплекс мимических признаков для определения состояния психического напряжения по изображению с веб-камеры.

Перспективой развития предложенной методики является использование ее для диагностики и контроля психофизиологического состояния операторов высокотехнологичных производств, машинистов, водителей, пилотов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Philip P., Taillard J., Klein E., Sagaspe P., Charles A., Davies W.L., Guilleminault C., Bioulac B. Effect of fatigue on performance measured by a driving simulator in automobile drivers. *J. of Psychosomatic Research*, 2003, vol. 55 (3), pp. 197–200.
- [2] Sallinen M., Härmä M., Mutanen P., Ranta R., Jussi Virkkala, Müller K. Sleep-wake rhythm in an irregular shift system. *J. of Sleep Research*, 2003, vol. 12 (2), pp. 103–112.
- [3] Гусева Н.Л. *Анализ психофизиологических показателей функционального состояния человека-оператора в условиях монотонной деятельности*. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2005, 26 с.
- [4] Таранов А.А., Спиридонов И.Н. Регистрация фотоплетизмограммы и измерение частоты артериального пульса при помощи веб-камеры. *Биомедицинская радиоэлектроника*, 2014, № 10, с. 71–80.
- [5] Кашапова Л.Х., Хрулев А.А., Спиридонов И.Н. Проектирование автоматизированной системы распознавания эмоционального состояния по мимике. *Тез. докл. XVII РНТК*. Москва, 2008, с. 262–264.
- [6] Марютина Т.М., Кондаков И.М. *Психофизиология*. URL: http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/psix_fiz
- [7] Немчин Т.А. *Состояния нервно-психического напряжения*. Ленинград, Изд-во ЛГУ, 1983, 163 с.
- [8] Машин В.А. Психическая нагрузка, психическое напряжение и функциональное состояние операторов систем управления. *Вопросы психологии*, 2007, № 6, с. 86–96.
- [9] Синютин Е.С. Выбор набора физиологических каналов для системы мониторинга физиологического состояния человека-оператора в процессе

деятельности. *Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении*, 2006, № 5(60), с. 37–38.

- [10] Кроль В. *Психофизиология человека*. Санкт-Петербург, Питер, 2003, 304 с.
- [11] Тытарь А.Д., Тытарь Е.Г., Тулынина А.Ю., Дорофеева Г.А., Евтушенко А.Ю. Экспериментальная оценка психологической устойчивости человека-оператора в открытой информационной среде. *Известия ТРТУ. Актуальные проблемы производства и потребления электроэнергии*, 2006, № 15(70), с. 158–164.
- [12] Подопрыголова О.Н. Особенности организации экспериментов для изучения модели напряженности человека-оператора в процессе деятельности. *Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Медицинские информационные системы*, 2006, № 11(66), с. 187–188.
- [13] Крылов Ю.В., Хрусталева А.В., Аполлонова И.А., Спиридонов И.Н. Разработка базы данных изображений фенотипа человека для создания и исследования методов определения напряженного состояния и функционального статуса человека. *Биомедицинская радиоэлектроника*, 2011, № 10, с. 110–114.
- [14] Маришук В.Л., Евдокимов В.И. *Поведение и саморегуляция человека в условиях стресса*. Санкт-Петербург, Издательский дом «Сентябрь», 2001.

Статья поступила в редакцию 28.11.2014

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Латышева Е.Ю., Кураева Л.Х., Спиридонов И.Н. Методика контроля психофизиологического состояния обучаемого. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2015, вып. 8. URL: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/edu/hidden/300.html>

Латышева Екатерина Юрьевна — научный сотрудник Научно-исследовательского и испытательного центра биометрической техники (НИИЦ БТ) МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область деятельности и научных интересов: мимика, обработка изображений, распознавание эмоций, невербальное поведение. e-mail: kat9.lt@gmail.com

Кураева Лилия Ханифовна — начальник сектора Научно-исследовательского и испытательного центра биометрической техники (НИИЦ БТ) МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область деятельности и научных интересов: мимика, обработка изображений, распознавание эмоций, невербальное поведение. e-mail: kashapova.liliya@gmail.com

Спиридонов Игорь Николаевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Биомедицинские технические системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана, главный научный сотрудник Научно-исследовательского и испытательного центра биометрической техники (НИИЦ БТ) МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область деятельности и научных интересов: биометрические системы, дерматоглифика, иридоглифика, системы и комплексы оценки функционального состояния человека, оптико-цифровые системы обработки медико-биологической информации. e-mail: ins@r17.bmstu.ru

Control methodology of the learner's psychophysiological state

© E.Yu. Latysheva, L.Kh. Kuraeva, I.N. Spiridonov

Bauman Moscow State Technical University,
Biometric Research and Development Center, Moscow 105005, Russia

The article presents a technology of learner's psychophysiological state control allowing improving the efficiency of learning and adjusting the learner's individual educational trajectory. The proposed method of data registration is noncontact and has no psychological impact on a person during registration. The levels of a person mental stress are defined, a set of facial characteristics for assessing the status of mental stress on the image from a web camera is proposed. An operation sequence of the technology of learner psychophysiological state control is proposed. Prospect for the development of the proposed technology is its application for the diagnosis and monitoring psychophysiological state of the drivers, pilots and high-tech industry operators.

Keywords: psychophysiological state, noncontact registration method, mimics.

REFERENCES

- [1] Philip P., Taillard J., Klein E., Sagaspe P., Charles A., Davies W.I., Guilleminault C., Bioulac B. *Journal of psychosomatic research*, 2003, vol. 55 (3), pp.197–200.
- [2] Sallinen M., Härmä M., Mutanen P., Ranta R., Virkkala J., Müller K. *Journal of Sleep Research*, 2003, vol. 12 (2), pp.103–112.
- [3] Guseva N.L. *Analiz psikhofiziologicheskikh pokazateley funktsionalnogo sostoyaniya cheloveka-operatora v usloviyakh monotonnoy deyatel'nosti* [The analysis of psychophysiological indices of the functional state of a human operator in monotonous activity]. Author's abstract of Ph. D. Thesis (Biology). St. Petersburg, 2005, 26 p.
- [4] Taranov A.A., Spiridonov I.N. *Biomeditsinskaya radioelektronika — Biomedical Electronics*, 2014, no. 10, pp. 71–80.
- [5] Kashapova L.Kh., Khrulev A.A., Spiridonov I.N. *Proektirovanie avtomatizirovannoy sistemy raspoznavaniya emocional'nogo sostoyaniya po mimike* [The Design of the Automated System for Emotional State Recognition through Facial Expressions]. *Tezisy dokladov XVII RNTK* [Scientific conference abstracts XVII RSTC]. Moscow, 2008, pp. 262–264.
- [6] Maryuta T.M., Kondakov I.M. *Psikhofiziologiya* [Psychophysiology]. Available at: http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/ido/psiz_fiz
- [7] Nemchin T.A. *Sostoyaniya nervno-psikhicheskogo napryazheniya* [State of mental stress]. Leningrad, LGU Publ., 1983, 163 p.
- [8] Mashin V.A. *Voprosy psikhologii – Problems of Psychology*, 2007, no. 6, pp. 86–96.
- [9] Sinutin E.S. *Izvestiya TRTU. Tematicheskyy vypusk. Kompyuternye i informatsionnye tekhnologii v nauke, inzhenerii i upravlenii – Bulletin of the TSURE. Special issue. Computer and information technologies in science, engineering and management*. Taganrog, TRTU Publ., 2006, no. 5 (60), pp. 37–38.
- [10] Krol V. *Psikhofiziologiya cheloveka* [Human Psychophysiology]. St. Petersburg, Piter Publ., 2003, 304 p.

- [11] Tytar A.D., Tytar E.T., Tulykina A.Ju., Dorofeeva G.A., Evtushenko A.Ju. *Izvestiya TRTU. Aktualnye problemy proizvodstva i potrebleniya elektroenergii – Bulletin of the TSURE. Actual problems of power production and consumption*, Taganrog, TRTU Publ., 2006, no. 15(70), pp.158–164.
- [12] Podoprygolova O.N. *Izvestiya TRTU. Tematicheskiy vypusk. Meditsinskie informacionnye sistemy – Bulletin of the TSURE. Special issue. Medical information systems*, Taganrog, TRTU Publ., 2006, no. 11(66), pp. 187–188.
- [13] Krylov Yu.V., Khrustalev A.V., Apollonova I.A., Spiridonov I.N. *Biomeditsinskaya radioelektronika – Biomedical Electronics*, 2011, no. 10, pp.110–114.
- [14] Maritsuk V.L., Evdokimov V.I. *Povedenie i samorealizatsiya cheloveka v usloviyakh stressa* [Behavior and self-realization of man under stress]. St. Petersburg, Sentyabr Publ., 2001.

Latysheva E. Yu., researcher of Biometric Research and Development Center at Bauman Moscow State Technical University. Research interests: mimics, image processing, facial expression recognition, nonverbal behavior. e-mail: kat9.lt@gmail.com

Kuraeva L. Kh., head of the sector in Biometric Research and Development Center at Bauman Moscow State Technical University. Research interests: mimics, image processing, facial expression recognition, nonverbal behavior. e-mail: kashapova.liliya@gmail.com

Spiridonov I. N. (b. 1949) graduated from Moscow Higher Technical School in 1972. Dr. Sci. (Eng.), professor of the Biomedical Technical Systems Department, senior staff scientist at Biometric Research and Development Center, Bauman Moscow State Technical University. The author of more than 200 research works. Research interests: biometric systems, dermatoglyphics, iridoglyphics, systems and complexes for evaluation of human functional state, optical-digital processing of biomedical information. e-mail: ins@r17.bmstu.ru.